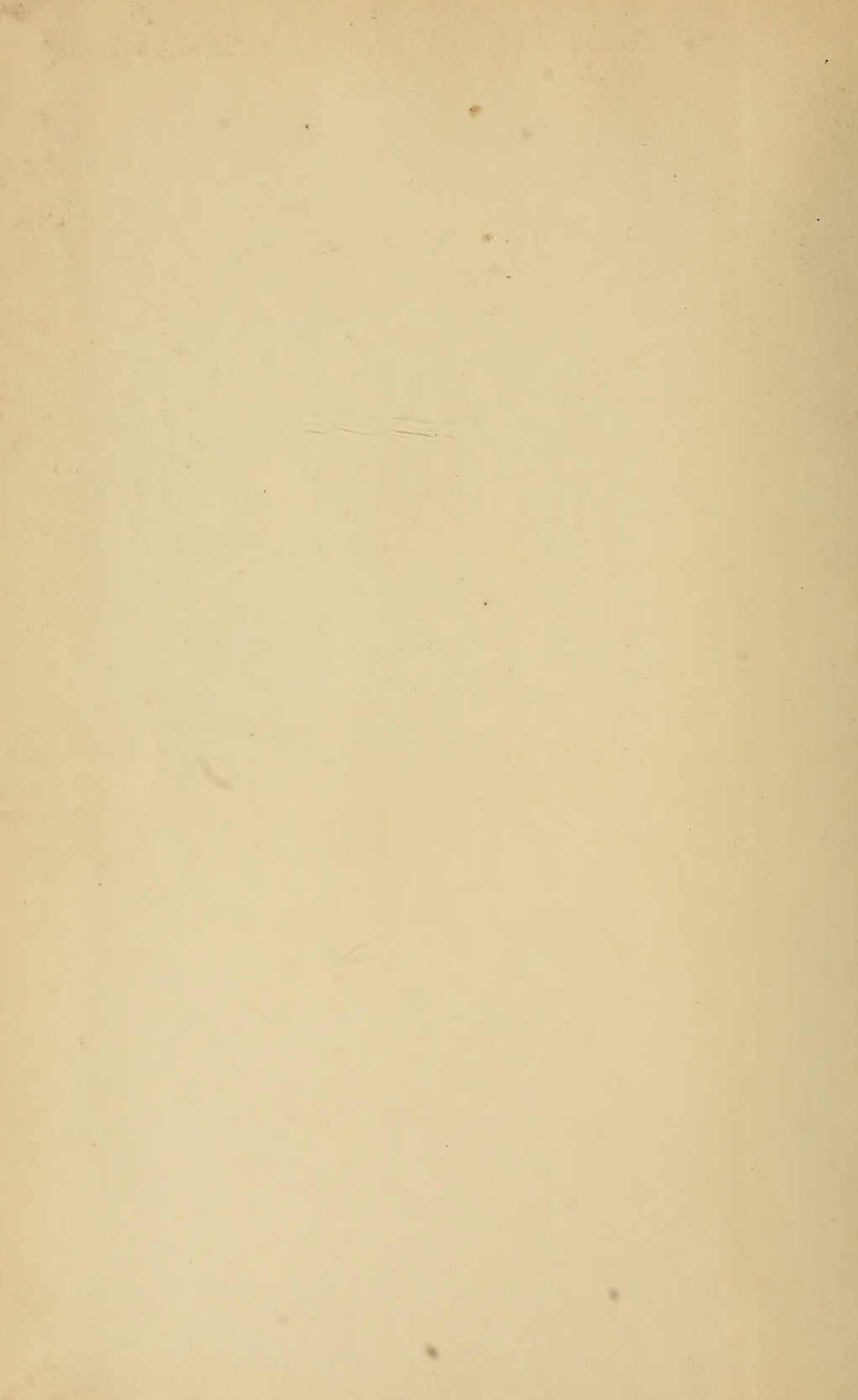










BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE
DE FRANCE

CETTE SOCIÉTÉ, FONDÉE LE 17 MARS 1830,
A ÉTÉ AUTORISÉE ET RECONNUE COMME ÉTABLISSEMENT D'UTILITÉ PUBLIQUE
PAR ORDONNANCE DU 3 AVRIL 1832

QUATRIÈME SÉRIE

TOME VINGT-TROISIÈME

548 pages ; 101 figures (cartes, coupes, fossiles) dans le texte,
23 planches et carte hors texte

PARIS
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

28, rue Serpente, VI

COMPTE DE CHÈQUES POSTAUX N° 173.72

1923

NOTA. — Le Compte Rendu sommaire des séances n'est pas réimprimé dans le Bulletin proprement dit, qui ne renferme que les notes dont la longueur n'a pas permis l'insertion au Compte Rendu des séances. La table générale, placée à la fin du volume, comprend à la fois les articles des deux publications, qu'il y a ainsi intérêt à relier ensemble.

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE
DE FRANCE

CETTE SOCIÉTÉ, FONDÉE LE 17 MARS 1830,
A ÉTÉ AUTORISÉE ET RECONNUE COMME ÉTABLISSEMENT D'UTILITÉ PUBLIQUE
PAR ORDONNANCE DU 3 AVRIL 1832.

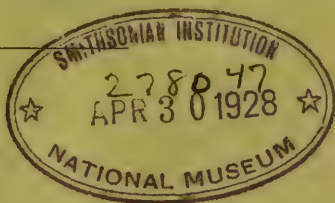
QUATRIÈME SÉRIE

TOME VINGT-TROISIÈME

FASCICULE 1-2.

LISTE DES MEMBRES, etc.

Feuilles 1-3. — Planches I-IV.



PARIS
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE
28, rue Serpente, VI

COMPTE DE CHÈQUES POSTAUX PARIS, N^o 173-72

1923

EXTRAITS DU RÈGLEMENT DE LA SOCIÉTÉ GEOLOGIQUE

ART. 2. — L'objet de la Société est de concourir à l'avancement de la Géologie en général et particulièrement de faire connaître le sol de la France, tant en lui-même que dans ses rapports avec les Arts industriels et l'Agriculture.

ART. 3. — Le nombre des membres de la Société est illimité. Les Français et les Étrangers peuvent également en faire partie. Il n'existe aucune distinction entre les membres.

ART. 4. — Pour faire partie de la Société, il faut s'être fait présenter dans une de ses séances par deux membres qui auront signé la présentation¹ et avoir été proclamé dans la séance suivante par le Président.

ART. 37-38. — La Société tient ses séances habituelles à Paris, de novembre à juillet. La Société se réunit deux fois par mois (en général, le 1^{er} et le 3^e lundi du mois à 17 heures).

ART. 42. — Pour assister aux séances, les personnes étrangères à la Société doivent être présentées chaque fois par un de ses membres.

ART. 46. — Aucune communication ou discussion ne peut avoir lieu sur des objets étrangers à la Géologie ou aux sciences qui s'y rattachent.

ART. 48. — Chaque année, de juillet à novembre, la Société tiendra une ou plusieurs séances extraordinaires sur un point qui aura été préalablement déterminé.

ART. 53. — Un Bulletin périodique des travaux de la Société est délivré gratuitement à chaque membre.

ART. 54. — La Société publie en outre des *Mémoires de Géologie* et des *Mémoires de Paléontologie*, qui ne sont pas distribués gratuitement aux membres.

ART. 55. — Tous les travaux destinés à l'impression doivent être inédits et avoir été présentés à une séance.

ART. 75. — Les auteurs peuvent faire faire à leurs frais, en passant par l'intermédiaire du Secrétariat, un tirage à part des communications insérées au Bulletin.

ART. 94. — Les ouvrages, conservés dans la Bibliothèque de la Société, peuvent être empruntés par les membres... (*Service des prêts*).

1. Les personnes désirant faire partie de la Société et ne connaissant aucun membre pour les présenter peuvent adresser une demande au Secrétariat, en exposant les titres qui justifient de leur admission.

TABLEAU DES SÉANCES EN 1923

Les séances ont lieu les Lundi à 17 heures, aux dates suivantes :

JANVIER	FÉVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	NOVEMBRE	DÉCEMBRE
8	5	5	9	7	11	5	3
22	19	17	23	28	25	19	17

La séance générale aura lieu le jeudi 24 mai, à 16 heures.

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

MEMBRES A PERPÉTUITÉ

Sont *membres à perpétuité* les personnes qui donnent ou lèguent à la Société une somme d'au moins deux mille francs.

† BAROTTE (J.).	† DE LAMOTHE (Colonel).
† DE BARY (Em.).	† DE LAMOTHE (Général).
† BAZILLE (Louis).	† LEVALLOIS (J.).
† BIOCHE (Alphonse).	† LINDER (O.).
† CHEUX (Albert).	† MANSUY (H.).
† COSSMANN (M.).	† MIEG (Mathieu).
† COTTEAU (Gustave).	† PARANDIER.
† DANTON.	† PRESTWICH (Joseph).
† DAUBRÉE (A.).	† RAYMOND (Ferdinand).
† DOLLFUS-AUSSET (Daniel).	† DE RIAZ (Auguste).
† FONTANNES (F.).	† ROBERTON (Docteur).
† GAUDRY (Albert).	† TOURNOUËR (R.).
† GOSSELET (J.).	† DE VERNEUIL (Edouard).
† GRAD (Ch.).	† VIKESNEL.
† JACKSON (James).	† VIRLET D'Aoust.
† LAGRANGE (Docteur).	

BIBLIOTHÈQUE DE L'UNIVERSITÉ DE BALE (Suisse).

COMPAGNIE DES CHEMINS DE FER DE PARIS A LYON ET A LA MÉDITERRANÉE.

COMPAGNIE DES FORGES DE CHATILLON, COMMENTRY ET NEUVES-MAISONS.

COMPAGNIE DES MINÉRAIS DE FER MAGNÉTIQUE DE MOKTA-EL-HADID.

COMPAGNIE DES MINES DE LA GRAND'COMBE.

INSTITUT GÉOLOGIQUE DE CLUJ (Roumanie).

SERVICE DES MINES DE LA DIRECTION GÉNÉRALE DES TRAVAUX PUBLICS DU MAROC.

SOCIÉTÉ ANONYME DES HOUILLÈRES DE BESSÈGES ET ROBIAC.

SOCIÉTÉ DE PÉTROLES TEHELEKEN-DAGHESTAN, GROZNY (Caucase).

MEMBRE DONATEUR

† Madame C. FONTANNES

LISTE DES ANCIENS PRÉSIDENTS

MM.	MM.
1830. { † AMI BOUÉ.	1838. † CORDIER.
† DE ROISSY.	1839. † CONSTANT PRÉVOST.
1831. † CORDIER.	1840. † BRONGNIART (Alex.).
1832. † BRONGNIART (Alex.).	1841. † PASSY.
1833. † DE BONNARD.	1842. † CORDIER.
1834. † CONSTANT PRÉVOST.	1843. † D'ORBIGNY (Alcide).
1835. † AMI BOUÉ.	1844. † D'ARCHIAC.
1836. † ÉLIE DE BEAUMONT.	1845. † ÉLIE DE BEAUMONT.
1837. † DUFRÉNOY.	1846. † DE VERNEUIL.

1847.	† DUFRENOY.	1886.	† COTTEAU.
1848.	† MICHELIN.	1887.	† GAUDRY (Albert).
1849.	† D'ARCHIAC.	1888.	† SCHLUMBERGER.
1850.	† ÉLIE DE BEAUMONT.	1889.	† HÉBERT.
1851.	† CONSTANT PRÉVOST.	1890.	† BERTRAND (Marcel).
1852.	† D'OMALIUS D'HALLOY.	1891.	† MUNIER-CHALMAS.
1853.	† DE VERNEUIL.	1892.	† MICHEL-LÉVY.
1854.	† D'ARCHIAC.	1893.	† ZEILLER.
1855.	† ELIE DE BEAUMONT.	1894.	† GOSSELET.
1856.	† DESHAYES.	1895.	† LINDER.
1857.	† DAMOUR.	1896.	DOLLFUS (G.-F.),
1858.	† VIKESNEL.	1897.	BARROIS (Ch.).
1859.	† HÉBERT.	1898.	† BERGERON (Jules),
1860.	† LEVALLOIS.	1899.	DE MARGERIE (Emm.).
1861.	† S ^{te} -CLAIRE-DEVILLE (Ch.).	1900.	† DE LAPPARENT (Albert).
1862.	† DELESSE.	1901.	CAREZ (Léon).
1863.	† GAUDRY (Albert).	1902.	HAUG (Émile).
1864.	† DAUBRÉE.	1903.	BOULE (Marcellin).
1865.	† GRUNER (L.).	1904.	TERMIER (Pierre).
1866.	† LARTET (Édouard).	1905.	† PERON (A.).
1867.	† DE VERNEUIL.	1906.	† BOISTEL (A.).
1868.	† BELGRAND.	1907.	CAYEUX (L.).
1869.	† DE BILLY.	1908.	DOUVILLÉ (Henri).
1870-71	† GERVAIS (P.).	1909.	† JANET (Léon).
1872.	† HÉBERT.	1910.	LACROIX (A.).
1873.	† DE ROYS (Marquis).	1911.	† OEHLERT (D.).
1874.	† COTTEAU.	1912.	GENTIL (L.).
1875.	† JANNETTAZ (Ed.).	1913.	STANISLAS MEUNIER.
1876.	† PELLAT (Ed.).	1914.	† THEVENIN (A.).
1877.	† TOURNOUER.	1915.	COSSMANN (M.).
1878.	† GAUDRY (Albert).	1916.	DOLLFUS (G.-F.).
1879.	† DAUBRÉE.	1917.	JOURDY (E.).
1880.	† DE LAPPARENT (Albert).	1918.	BERTRAND (Léon).
1881.	† FISCHER.	1919.	DE MARGERIE (Emm.).
1882.	DOUVILLÉ (Henri).	1920.	TERMIER (Pierre).
1883.	† LORY (Ch.).	1921.	ZURCHER (Ph.).
1884.	† PARRAN.	1922.	LACROIX (A.).
1885.	† MALLARD.		

LAURÉATS DU PRIX VIKESNEL

MM.	MM.
1876.	† MUNIER-CHALMAS
1877.	BARROIS (Ch.).
1878.	† FABRE (G.).
1879.	† FONTANNES (F.).
1880.	† HERMITE.
1881.	† OEHLERT (D.).
1882.	† VASSEUR (G.).
1883.	DOLLFUS (G.-F.).
1884.	† LEENHARDT (Fr.).
1887.	† MICHEL-LÉVY.
1890.	† BERGERON (J.).
1893.	HAUG (Émile).
1896.	COSSMANN (M.).
1898.	GLANGEAUD (Ph.).
1900.	† CHOFFAT (Paul).
1902.	ROUSSEL (Joseph).
1904.	† PERVINQUIÈRE (Léon).
1906.	BRESSON (A.).
1908.	† THEVENIN (A.).
1910.	† DOUVILLÉ (Robert).
1912.	ROMAN (F.).
1914.	† FLAMAND (G. B. M.).

1916.	JOLEAUD (L.).	1920.	REPELIN (J.).
1918.	PIROUTET (M.).	1922.	TEILHARD DE CHARDIN.

LAURÉATS DU PRIX FONTANNES

MM.		MM.	
1889.	† BERTRAND (Marcel).	1907.	LEMOINE (Paul).
1891.	BARROIS (Ch.).	1909.	JACOB (Ch.).
1893.	KILIAN (W.).	1911.	RÉVIL (J.).
1895.	DELAFOND (Fr.).	1913.	† BOUSSAC (J.).
1897.	BOULE (Marcellin).	1915.	GIGNOUX (Maurice).
1899.	FICHEUR (E.).	1917.	MANSUY (H.).
1901.	† PAQUIER (V.-L.).	1919.	† CHUDEAU (R.).
1903.	GENTIL (L.).	1921.	MENGAUD (L.).
1905.	CAYEUX (L.).	1923.	FALLOT (Paul).

LAURÉATS DU PRIX PRESTWICH

MM.		MM.	
1903.	TERMIER (Pierre).	1915.	BERTRAND (Léon).
1906.	LUGEON (Maurice).	1918.	BIGOT (A.).
1909.	CAREZ (Léon).	1921.	LERICHE (M.).
1912.	DE MARGERIE (Emm.).		

LAURÉATS DU PRIX ALBERT GAUDRY

MM.		MM.	
1911.	BOULE (Marcellin).	1918.	OSBORN (H. F.).
1912.	DOUVILLÉ (Henri).	1919.	LACROIX (A.).
1913.	† SUESS (Ed.).	1920.	TERMIER (P.).
1914.	HAUG (Émile).	1921.	KILIAN (W.).
1917.	WALCOTT (C.D.).		

LAURÉATS DU PRIX GOSSELET

MM.		M.	
1911.	† NICKLÈS (R.).	1921.	PRUVOST (P.).
1917.	CAYEUX (L.).		

ADMINISTRATION
DE LA
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE
pour l'année 1923.

BUREAU

1923. *Président* : Paul LEMOINE.
1923. *Vice-Présidents* : F. DELAFOND, P. TEILHARD DE CHARDIN, M. LERICHE,
E. ARGAND.
1923-24. *Secrétaires* : J. BOURCART, P. VIENNOT.
1923-24. *Vice-Secrétaires* : R. ABRARD, J. GANDILLOT.
1923-25. *Trésorier* : L. LUTAUD.
1923-25. *Archiviste* : L. JOLEAUD.

CONSEIL

1923. P. TERMIER, A. LANQUINE, J. COTTREAU, H. DOUVILLÉ.
1923-24. PH. ZURCHER, L. CAYEUX, P. JODOT, L. GENTIL.
1923-24. A. LACROIX, E. HAUG, LÉON BERTRAND, Ch. HUPIER.

COMMISSIONS

Bulletin : 1923, H. DOUVILLÉ, A. LANQUINE ; 1923-24, P. TERMIER, L. CAYEUX ; 1923-25, E. HAUG, LÉON BERTRAND.

Mémoires de Géologie : 1923, E. HAUG, P. TERMIER ; 1923-24, L. CAYEUX, L. GENTIL ; 1923-1925, L. BERTRAND, A. LANQUINE.

Mémoires de Paléontologie : 1923, H. DOUVILLÉ, J. COTTREAU ; 1923-24, L. CAYEUX, E. HAUG ; 1923-25, J. LAMBERT, J. MORELLET.

Bibliographie : E. HAUG, L. CAYEUX, A. LANQUINE ; ORCEL à titre de délégué de la Société française de Minéralogie.

Archives et Bibliothèque : Emm. DE MARGERIE, A. LANQUINE, L. BERTRAND.

Le Bureau fait partie des Commissions d'impression et des Archives.

Comptabilité : P. TERMIER, L. GENTIL, L. GIRAUX.

Prix : Le président et les vice-présidents du Bureau, les anciens présidents, les lauréats des divers prix et en outre : J. BLAYAC, Ch. DEPÉRET, A. DE GROSSOUVRE, F. KERFORNE, J. WELSCH.

Délégués à la Fédération française des Sociétés de Sciences naturelles
H. DOUVILLÉ, L. CAYEUX, P. LEMOINE, E. HAUG, L. LUTAUD.

LISTE GÉNÉRALE DES MEMBRES

AU 1^{er} JANVIER 1923

Le signe [P] indique les membres à perpétuité et l'astérisque * les membres à vie.

-
- 1917 * **Abendanon (E.-C.)**, Ing., « Edmar Hoeve » Nunspeet (Pays-Bas).
 1920 **Abrard (René)**, Assistant au Muséum nat. d'H. N.; 2, boulevard de Courcelles, Paris, XVII.
 1920 * **Adkins (W. S.)**, Cie Mexicaine de Pétroles « El Aguila », apart. 150; Tampico (Tamps., Mexique).
 1903 * **Aguilar Santillan (Raphaël)**, Secrétaire perpétuel de la Société Antonio Alzate; Mexico (Mexique).
 1867 **Aguillon**, Insp. gén. des Mines, 71, r. du Fg-St-Honoré, Paris, VIII.
 1903 **Allorge (Maurice)**, ancien Lecteur de Géogr. phys. à l'Univ. d'Oxford, 37, rue d'Alsace, Mantes (S.-et-O.).
 1913 * **Ami (Henri-M.)**, Dr ès sc.; Hillside Strathcona Park; East Ottawa (Canada).
 1899 **Amiot (Henri)**, Ing. en chef hon. des Mines; 4, r. Weber, Paris, XVI.
 1916 **Andrimont (René d')**, Ing. des Mines, Professeur de Géol. à l'Inst. agr. de Belgique; 10, r. Joseph-Dupont, Bruxelles.
 1920 **Androusoff (Nicolas)**, Membre de l'Académie des Sciences de Pétrograd; Libeň, c. 1081, byt 2 f. U pivovara, Praha. VIII.
 1920 **Anten (Jean)**, Ing. des Mines, Chef des Travaux de Géol. à l'Université, 26, rue Basse-Chaussée, Liège (Belgique).
 1921 **Anthoine (Raymond)**, Ing. géol., 6, rue Joseph-Dupont, Bruxelles (Belgique).
 1912 **Arabu (N.)**, Lic. ès sc., Serv. Carte géol. d'Alsace et de Lorraine, 1, r. Blessig, Strasbourg (Bas-Rhin).
 1918 **Arambourg (Camille)**, Ing. agronome, Les Glycines, rue Bois-la-Reine, Alger.
 1919 **Arbenz (Paul)**, Professeur de Géol. à l'Univ. de Berne (Suisse).
 1907 **Argand (Emile)**, Professeur de Géol. à l'Univ., 23, Trois-Portes, Neuchâtel (Suisse).
 1913 **Astier de la Vigerie (Baron d')**, 74, rue du Commerce, Paris, XV.
 1920 **Astre**, Dr en pharmacie, Préparateur de Géol. à la Fac. des Sc., 10, r. Ozenne, Toulouse (Haute-Garonne).
 1922 **Aubert (Edgard)**, 18, r. de Trétaigne, Paris, XVIII.
 1909 **Aubert (Frédéric)**, 32, r. St-Louis, Montauban (T.-et-G.).
 1922 **Aufrère (Léon)**, Professeur au Collège d'Abbeville (Somme).
 1922 **Auvray (E.)**, Professeur à l'École primaire sup., 4, r. de la Geôle, Dourdan (S.-et-O.).
 1922 **Azam (Aimé)**, Dr sc., Lab. de Géogr. phys. de la Fac. des Sc., 213 bis, bd St-Germain, Paris, VII.
 1889 **Azéma (Joseph)**, Lic. ès sc., 14, r. de la Mairie, Pamiers (Ariège).
 1901 **Azéma (Colonel Léon)**, 1, r. de Mirbel, Paris, V.
 1919 **Babet (Victor)**, Géologue du Serv. des P. et Ch., de Tiflis; 44, av. Victor-Hugo, Paris, XVI.
 1903 * **Ball (John)**, Ph. D., Insp. en chef au *Geol. Surv.*, Le Caire (Égypte).
 1922 **Barbier (Léon-Lucien-Louis)**, Instituteur, square des Tilleuls, Parc-St-Maur (Seine).

- 1875 * **Bardon (Paul)**, 27, r. Pierre-Guérin, Paris, XVI.
- 1921 **Barrabé (Louis)**, Agr. de l'Univ., Ecole normale supérieure, 43, rue d'Ulm, Paris, V.
- 1901 **Barré (Commandant O.)**, 10, av. Henri-Martin, Paris, XVI.
- 1922 **Bârri (Werner)**, Étud. Univ. de Bâle, Birmanngasse, 33, Bâle (Suisse).
- 1873 * **Barrois (Charles)**, Membre de l'Institut, Professeur à la Fac. des Sc., 41, r. Pascal, Lille (Nord).
- 1899 **Barthélemy (François)**, 2, pl. Sully, Maisons-Laffitte (S.-et-O.).
- 1906 * **Barthoux (Jean)**, Chef du Serv. géol. du Maroc, Rabat (Maroc).
- 1917 **Beaugé (Alfred)**, Directeur général de l'Office chérifien des Phosphates, à Rabat (Maroc).
- 1903 * **Bédé (Paul)**, Service des approvisionnements de la Cie des chemins de fer de Gafsa, Sfax (Tunisie).
- 1881 **Beigbeder (David)**, anc. Ing. des Poudres et Salpêtres, 15, r. Lamennais, Paris, VIII.
- 1901 * **Bel (Jean-Marc)**, Ing. des Mines, 90, r. d'Amsterdam, Paris, IX.
- 1894 **Bernard (Augustin)**, Chargé de Cours à la Fac. des lettres, 10, r. Decamps, Paris, XVI.
- 1902 **Bernard (Charles-Em.)**, Ing. civ., 14, r. Pérignon, Paris, VII.
- 1912 **Bernet (Edmond)**, Dr ès sc., 4, r. St-Victor, Genève (Suisse).
- 1914 **Berr (Raymond)**, Ing. au Corps des Mines, 60, av. de la Bourdonnais, Paris, VII.
- 1913 **Berry (Edward Wilber)**, Professeur de Pal. et de Géol., John Hopkins Univ. Baltimore (Mary., E.-U.-A.).
- 1890 **Bertrand (Léon)**, Professeur à la Fac. des Sc. et à l'Éc. centrale des Arts et Man., 87, bd de Port-Royal, Paris, XIII.
- 1919 * **Bertrand (Paul)**, Professeur à la Fac. des Sc., 159, r. Brûle-Maison, Lille (Nord).
- 1912 **Betim Paes Leme (Alberto)**, Substitut à la sect. de Min. et de Géol. du Mus. d'H. N., Quinta de Boa Vista, Rio de Janeiro (Brésil).
- 1912 **Bévia (Jean)**, Architecte, 16, r. Michelet, Alger.
- 1919 * **Bezagu (Louis)**, Capitaine, 61, cours d'Aquitaine, Bordeaux (Gir.).
- 1908 **Bézier (T.)**, Conservateur du Musée d'H. N., 9, r. Alphonse-Guérin, Rennes (I.-et-V.).
- 1891 **Bibliothèque de la ville d'Annecy (Hte-Sav.).**
- 1899 [P] **Bibliothèque de l'Université de Bâle (Suisse).**
- 1920 **Bibliothèque de l'Université de Besançon (Doubs).**
- 1890 **Bibliothèque universitaire de Clermont-Ferrand (P.-de-D.).**
- 1918 **Bibliothèque de l'Université de Dijon (Côte-d'Or).**
- 1890 **Bibliothèque universitaire de Grenoble (Isère).**
- 1891 **Bibliothèque de l'Université catholique de Louvain, 22, r. Neuve, Louvain (Belgique).**
- 1906 **Bibliothèque municipale de la Ville, place de la Bibliothèque, Marseille (B.-du-R.).**
- 1920 **Bibliothèque de l'Ecole des mines et de métallurgie, Faculté technique du Hainaut, r. de Houdain, Mons (Belgique).**
- 1884 **Bibliothèque universitaire, palais de l'Université, Montpellier (H.).**
- 1884 **Bibliothèque de l'Université de Strasbourg (Bas-Rhin).**
- 1884 **Bibliothèque universitaire de Méd. et Sc., allées St-Michel, Toulouse (Hte-Gar.).**

- 1921 **Bibliothèque du Muséum d'Histoire naturelle de la ville de Nîmes (Gard).**
- 1920 **Bibliothèque publique, 20, Souk El Attarine, Tunis (Tunisie).**
- 1887 **Bigot (A.), Doyen de la Fac. des Sc., 28, r. de Geôle, Caen (Calv.).**
- 1896 **Bizard (René), Avocat, à Epiré, par Savennières (M.-et-Loire).**
- 1921 **Blanchet (Fernand), Préparateur de Géol. à la Fac. des Sc. de Grenoble (Isère).**
- 1893 **Blayac (Joseph), Professeur de Géol. à la Fac. des Sc., Montpellier (Hérault).**
- 1921 **Blondet (Henri), Juge suppléant, r. de la Gare, Chambéry (Savoie).**
- 1897 **Boca (Léon), Lic. ès sc., 1, r. du Regard, Paris, VI.**
- 1913 * **Bochin (François), Dr en méd., anc. interne des Hôpitaux, Senonches (Eure-et-Loir).**
- 1896 **Bofill y Poch (Arthuro), Secrétaire perpétuel de l'Ac. des Sc. de Barcelone, 256, Provenza, Barcelone (Espagne).**
- 1892 **Bogdanowitch (Ch.), Anc. Directeur du Comité géol. de Russie, al. Jerosalimskie, 71, Varsovie (Pologne).**
- 1921 **Boisse de Black (M^{lle} Y.), Lab. de Géogr. phys. de la Sorbonne, 7, r. de l'Abbé-de-l'Épée, Paris, V.**
- 1882 * **Bonaparte (Prince), Membre de l'Institut, 10, av. d'Iéna, Paris, XVI.**
- 1901 **Bonnes (F.), anc. Professeur de Géol. et de Min. à l'Éc. des Mineurs, 4, pl. du Marché, Alais (Gard).**
- 1909 * **Bonnet (Pierre), 3, r. Froidevaux, Paris, XIV.**
- 1920 **Boubée (N.), Lic. ès sc., 3, place Saint-André-des-Arts, Paris, VI.**
- 1918 **Bouillard (G.), Ing. en chef des Ch. de fer de l'État chinois, Poste française, Pékin (Chine).**
- 1912 **Bouillierie (Baron de la), Ch. de la Bouillierie, Crosnières (Sarthe).**
- 1884 * **Boule (Marcellin), Professeur de Pal. au Muséum nat. d'H. N., 3, place Valhubert, Paris, V.**
- 1919 **Bourcart (Jacques), Dr ès sc., Préparateur de Géog. phys. à la Fac. des Sc., 54, av. de Saxe, Paris, XV.**
- 1921 **Bourdon (P.), Ing. des Arts et Man., 72, rue du Vieux-Pont-de-Sèvres, Billancourt (Seine).**
- 1881 **Bourgeat (Chanoine), Doyen hon. de la Fac. libre des Sc. de Lille, 5, r. Dusillet, Dôle (Jura).**
- 1887 **Bourgery (Henri), anc. Notaire, propriété des Capucins, Nogent-le-Rotrou (E.-et-Loir).**
- 1920 * **Bourret (René), Dr ès sc., Assistant au Serv. géol. de l'Indochine, 114, r. Jules-Ferry, Hanoï (Tonkin).**
- 1889 **Boursault (Henri), Ing. principal du Service des Eaux au Ch. de fer du Nord, 59, r. des Martyrs, Paris, IX.**
- 1904 **Bouzanquet, Ing. des Arts et Man., 29, r. des Batignolles, Paris, XVII.**
- 1892 **Braly (Adrien), Ing. des Mines, 24, r. Poussin, Paris, XVI.**
- 1898 * **Branner (John Casper), Professeur de Géol., Stanford Univ. (Californie, E.-U.-A.).**
- 1906 **Bravo (José), Ing. en chef des Mines, Professeur de Min. et de Géol. à l'Éc. des Ing., Apartado 889, Lima (Pérou).**
- 1877 **Bréon (René), Coll. Serv. Carte géol. France, Semur (Côte-d'Or).**
- 1923 **Brepson (M^{lle} Félicienne), Agr. de l'Univ., Lab. de Géogr. Phys., 1, r. Victor-Cousin, Paris, V.**
- 1898 **Bresson (A.), Dr ès. sc., Préparateur de Géol. à la Fac. des Sc., Besançon (Doubs).**

- 1918 **Brice (A.)**, Ing., 3, place Paul-Verlaine, Paris, XIII.
- 1920 **Brière (M^{lle} Yvonne)**, Dr ès sc., 2 ter, bd de l'Ouest, Le Raincy (S.-et-O.).
- 1914 * **Briquet (Abel)**, Adj. au Serv. Carte géol. d'Alsace et de Lorraine, 14, r. de l'Observatoire, Strasbourg (Bas-Rhin).
- 1893 **Brives (Abel)**, Professeur de Min. à la Fac. des Sc., Coll. Serv. Carte géol. de l'Algérie, Mustapha-Alger.
- 1904 **Brochot (R.)**, Ing., Entrepreneur de sondages, 69, r. de Rochechouart, Paris, IX.
- 1914 **Brun (P. de)**, Receveur des Domaines, St-Rémy-de-Provence (B.-du-R.).
- 1921 **Bruneteaux (Edouard-J.)**, 130, r. du Faub. Poissonnière, Paris, X.
- 1897 **Brunhes (Jean)**, Professeur de Géogr. humaine au Collège de France, 13, quai du 4-Septembre, Boulogne-sur-Seine (Seine).
- 1905 **Burckhardt (Carlos)**, Géologue à l'Inst. géol. nat., Avenida Michoacan, n° 39, Mixcoac, Mexico (Mexique).
- 1880 * **Bureau (Louis)**, Professeur à l'Éc. de Méd., Directeur du Musée d'H. N., 15, r. Gresset, Nantes (Loire-Inf.).
- 1904 **Bursaux**, Administrateur-Directeur de la Cie des Phosphates tunisiens, 9, r. Huysmans, Paris, VI.
- 1883 **Busquet (Horace)**, Coll. adj. Serv. Carte géol. de la France, 40, r. Spuller, Beaune (Côte-d'Or).
- 1922 **Caillet (H.)**, Dr en méd., 8, r. Bachaumont, Paris, II.
- 1895 **Canu (Ferdinand)**, 18, r. du Peintre-Lebrun, Versailles (S.-et-O.).
- 1882 **Caralp (Joseph)**, Professeur hon. de Min. à la Fac. des Sc., 44, r. Trente-six-Ponts, Toulouse (Hte-Garonne).
- 1910 **Cardot (Ch.)**, Pharmacien, Melisey (Hte-Saône).
- 1875 * **Carez (Léon)**, Dr ès sc., anc. Dir. de l'Annuaire géol., Lic. en dr., 18, r. Hamelin, Paris, XVI.
- 1911 **Carnegie Museum (W. J. Holland, Dir.)**, Pittsburgh (Pens., E.-U.-A.).
- 1918 **Carpentier (Abbé A.)**, Dr sc., Professeur suppléant à la Fac. libre des Sc., r. de Toul, Lille (Nord).
- 1891 **Cayeux (Lucien)**, Professeur de Géol. au Collège de France et à l'Inst. nat. agron., 6, place Denfert-Rochereau, Paris, XIV.
- 1918 **Cazenave (Paul)**, Commandant en retraite, 4 bis, r. Mertens, Bois-Colombes (Seine).
- 1922 **Célérier**, Prof. Inst. des Htes Études marocaines, collège de jeunes filles de Rabat (Maroc).
- 1910 **Chabanier (E.)**, Ing. civ. des Mines, 15, av. Pasteur, Paris, XV.
- 1902 **Chalas (Adolphe)**, 14, r. Angélique-Vérien, Neuilly-sur-Seine (Seine).
- 1880 **Chapuis (Albert)**, anc. Prés. de section au Trib. de Commerce de la Seine, 229, r. du Fg-St-Honoré, Paris, VIII.
- 1912 **Chaput**, Professeur de Géol. à la Fac. des Sc., Dijon (Côte-d'Or).
- 1917 **Charpiat (René)**, 29, Grande-Rue, Nogent-sur-Marne (Seine).
- 1869 * **Charreyre (Abbé)**, à Alosiers, commune de la Fage-St-Julien, par St-Chély d'Apcher (Lozère).
- 1880 **Chartron (C.)**, 1, r. Henry-Renaud, Luçon (Vendée).
- 1898 **Chatelet (Casimir)**, 32, r. Vieux-Sextier, Avignon (Vaucluse).
- 1903 **Chautard (Jean)**, Dr sc., 58, r. Cardinet, Paris, XVII.

- 1884 **Chauvet (Gustave)**, Notaire honoraire, Président honoraire de la Société archéologique et historique de la Charente, 30, r. du Jardin-des-Plantes, Poitiers (Vienne).
- 1883 **Chelot (Emile)**, Lic. ès sc., 82, r. Monge, Paris, V.
- 1922 **Chêtelat (Enzo de)**, 12, r. de la Sorbonne, Paris, V.
- 1914 **Cholley (A.)**, Professeur agr. d'Hist. et de Géogr. au lycée, 10, cours de la Liberté, Lyon (Rhône).
- 1916 **Chowdhry (W.)**, Dr en dr., Consulting Geol., 9, Sunny Park, Calcutta (Indes anglaises).
- 1921 **Cizancourt (H. de)**, Ing. des Mines, « Premier » Naftowa Spolka Boryslaw (Pologne).
- 1919 **Clerc (Camille)**, 143, av. Malakoff, Paris, XVI.
- 1904 * **Cléro (Maurice)**, 21, r. Ledru-Rollin, Fontenay-aux-Roses (Seine).
- 1880 * **Cloëz (Charles-Louis)**, Examinateur de sortie à l'Éc. polytechnique, 9, r. Guy-de-la-Brosse, Paris, V.
- 1907 * **Colas (Ernest)**, Maire, Haute-Isle, par la Roche-Guyon (S.-et-O.).
- 1919 * **Collet (Léon W.)**, Professeur de Géol. à l'Univ., Lab. de Géol., 18, r. de Candolle, Genève (Suisse).
- 1919 * **Collignon (Maurice)**, Cap., Élève à l'École sup. de guerre, 25, r. du Louvre, Paris, I.
- 1920 **Collin (Léon)**, Dr ès sc., Professeur d'Hist. nat. au lycée de Rennes, 8, r. Hippolyte-Lucas, Rennes (Ille-et-Vil.).
- 1921 **Combaz (Abbé)**, Professeur de Sciences au Grand Séminaire de Chambéry (Savoie).
- 1904 **Combes (Paul)**, 1, r. de l'Assomption, Paris, XVI.
- 1882 **Commission du Service géologique du Portugal**, 113, rua do Arco a Jesus, Lisbonne (Portugal).
- 1882 **Cie des Chemins de fer de l'Est (le Prés. du Conseil d'Adm. de la)**, 21 et 23, r. d'Alsace, Paris, X.
- 1879 [P] **Cie des Chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée (le Prés. du Conseil d'Adm. de la)**, 88, r. St-Lazare, Paris, IX.
- 1882 [P] **Cie des Forges de Châtillon, Commentry et Neuves-Maisons**, 19, r. de la Rochefoucauld, Paris, IX.
- 1879 [P] **Cie des Minerais de fer magnétique de Mokta-el-Hadid**, 58, r. de Provence, Paris, IX.
- 1879 [P] **Cie des Mines de la Grand Combe**, 26, r. Laffitte, Paris, IX.
- 1902 **Corbin (Paul)**, Ing., 43, av. du Bois-de-Boulogne, Paris, XVII.
- 1909 **Cornet (Jules)**, Correspondant de l'Institut, Professeur à l'Éc. des Mines de Mons et à l'Univ. de Gand, 12, bd Elisabeth, Mons (Belgique).
- 1921 **Corroy (Georges-Marie)**, Préparateur de Géol. à la Fac. des Sc. de Nancy (M.-et-M.).
- 1873 **Cortázar (Daniel de)**, Sénateur, Insp. gén. des Mines, anc. Président du Serv. Carte Géol. Espagne, 16, r. Velázquez, Madrid (Espagne).
- 1883 [P] **Cossmann (Maurice)**, Directeur de la Revue critique de Paléoz., 2, bd Sadi-Carnot, à Enghien (S.-et-O.).
- 1906 **Cottin (René)**, Lic. en dr., Directeur de la Cie parisienne des Asphaltes, 84, r. Jouffroy, Paris, XVII.
- 1904 **Cottreau (Jean)**, Dr ès sc., Assistant de Paléont. au Muséum nat. d'H. N., 252, r. de Rivoli, Paris, I.
- 1920 **Couégnas (Jean)**, Préparateur de Géol. à l'Univ., 84, avenue de Bordeaux, Poitiers (Vienne).

- 1906 * **Couffon (Olivier)**, Dr en méd., Secrétaire de *Paleontologia Universalis*, 11, r. Hoche, Angers (M.-et-L.).
- 1902 * **Courty (Georges)**, 64, r. Vercingétorix, Paris, XIV; et Chauffourlès-Etréchy (Seine-et-Oise).
- 1920 **Cousin (M^{lle} G.)**, Lic. ès sc., Préparateur à la Fac. des Sc., 1, r. Victor-Cousin, Paris, V.
- 1919 **Couvreur**, Professeur intérimaire à l'Ec. nationale d'Agriculture de Grignon (S.-et-O.).
- 1922 **Crooks (Harold-F.)**, Géologue, 4, r. Herran, Paris, XVI.
- 1921 **Daguin (Fernand)**, Préparateur à la Fac. des Sc., 18, rue d'Aubeterre, Montpellier (Hérault).
- 1869 * **Dale (T. Nelson)**, Géologue (pensionné). U. S. Geol. Surv., Pittsfield (Massachusetts, E.-U.-A.).
- 1916 **Dalimier (Henri)**, Directeur du Musée, 7, r. du Séminaire, Avranches (Manche).
- 1905 **Dalloni (Marius)**, Professeur à la Fac. des Sc., Coll. Serv. Carte géol. de la France et de l'Algérie Mustapha (Algèr).
- 1906 **Dal Piaz (Georges)**, Univ. de Padoue (Italie).
- 1920 **Dangeard (Louis)**, Préparateur de Géol. à la Fac. des Sc. de Rennes (Ille-et-Vil.).
- 1919 **Darder i Pericas (Bartolomé)**, Lic. ès sc., Vallori, 18, pral. Palma, Majorque (Espagne).
- 1907 **Darton (Nelson H.)**, Géologue, U. S. Geol. Surv., Washington, (D. C., E.-U.-A.).
- 1913 **Dasse (Abbé Joseph)**, Curé-doyen, Pougues-les-Eaux (Nièvre).
- 1899 **Dautzenberg (Ph.)**, 209, r. de l'Université, Paris, VII.
- 1920 **Davies (Alfred)**, 18, quai Gaston-Boulet, Rouen (Seine-Inf.).
- 1920 **Davies (A. Morley)**, D. Sc., Lecturer de Pal., Impérial Collège Science et Technologie, South-Kensington, Londres, S. W. 7.
- 1912 **Debeaupuis**, Professeur à l'École normale d'instituteurs de Saïgon (Indochine).
- 1910 * **Decary (Raymond)**, La Ferté-sous-Jouarre (Seine-et-Marne).
- 1922 **Deguilhem (Pierre)**, Pharmacien à Monbahu (Lot-et-Gar.).
- 1921 **Dehorne (M^{lle} Lucienne)**, Préparateur de Zool. à la Fac. des Sc., Sorbonne, Paris, V.
- 1873 **Delafond (Frédéric)**, Insp. gén. des Mines, 108, bd du Montparnasse, Paris, XIV.
- 1896 * **Delamarre de Monchaux (Comte)**, 6, r. de Bellechasse, Paris, VII.
- 1892 * **Delebecque (André)**, Ing. en chef des P. et Ch., 57, r. des Vignes, Paris, XVI.
- 1901 **Delépine (Abbé G.)**, Professeur de Géol. à la Fac. libre des Sc., 13, r. de Toul, Lille (Nord).
- 1920 **Delmas (Robert)**, Préparateur à la Fac. des Sc., Toulouse (Hte-Gar.).
- 1911 **Denis (Pierre)**, Agr. de l'Univ., 9 bis, r. Michelet, Paris, V.
- 1917 **Denizot**, Préparateur à la Fac. des Sc., Marseille (B.-du-R.).
- 1881 **Depéret (Ch.)**, Membre de l'Institut, Doyen de la Fac. des Sc. de Lyon (Rhône).
- 1887 **Dereims (A.)**, Maître de Conférences de Géol. à la Fac. des Sc., 1, r. Victor-Cousin, Paris, V.
- 1920 **Déverin (Louis)**, Université de Lausanne (Suisse).

- 1921 **Djanélidzé (A.)**, 4, r. Berthollet, Paris, V.
- 1922 **Doello-Jurado (Martin)**, Professeur de Pal. à l'Univ. de Buenos-Aires (République Argentine).
- 1904 * **Dollé**, Préparateur de Géol. à la Fac. des Sc., 159, r. Brûle-Maison, Lille (Nord).
- 1873 * **Dollfus (Gustave-F.)**, Coll. principal Serv. Carte géol. de la France, 45, r. de Chabrol, Paris, X.
- 1894 **Dollot (Auguste)**, Ing., Correspondant du Muséum nat. d'H. N., 136, bd St-Germain, Paris, VI.
- 1898 **Doncieux (Louis)**, Dr ès sc., Chargé d'un cours complémentaire de Géol. à la Fac. des Sc., 3, r. de Jarente, Lyon (Rhône).
- 1920 * **Doornik (Jan)**, Ing.-géologue, 24, r. Octave-Feuillet, Paris, XVI.
- 1894 **Dorlodot (Chanoine H. de)**, Directeur de l'Inst. géol. de l'Univ. libre, 42, r. de Bériot, Louvain (Belgique).
- 1903 **Doumergue**, Professeur hon. au Lycée, Coll. Serv. Carte géol. de l'Algérie, 4, r. Manégat, Oran (Algérie).
- 1869 * **Douvillé (Henri)**, Membre de l'Institut, Professeur hon. à l'Ec. nat. des Mines, 207, bd St-Germain, Paris, VII.
- 1911 **Dropsy (U.)**, 40, r. de l'Epinette, St-Mandé (Seine).
- 1914 **Dubalen (P.-E.)**, Conservateur du Musée, Mont-de-Marsan (Landes).
- 1918 **Dubar (G.)**, Lic. ès sc., 107, r. de Tourcoing, Mouvaux (Nord).
- 1922 **Dubois (Georges)**, Préparateur à la Fac. des Sc., 159, r. Brûle-Maison, Lille (Nord).
- 1921 **Duffour (A.)**, Professeur de Min. à la Fac. des Sc. de Toulouse (Hte-Garonne).
- 1889 **Duparc (Louis)**, Professeur de Min. à l'Univ., Genève (Suisse).
- 1914 **Durand (J.-F.)**, Chargé du Cours de Chimie P. C. N. à la Fac. des Sc. de Toulouse (Hte-Garonne).
- 1922 **Dussault (Léon)**, Commandant, Coll. Serv. géol. Indochine, 22, r. de Colomb, Hanoï (Indochine).
- 1903 **Dussert (Jean-Baptiste-Désiré)**, Ing. en chef des Mines, 16, r. Aubert, Alger (Algérie).
- 1919 **Dutertre (A.-P.)**, Lic. ès sc., Préparateur à la Fac. des Sc., 159, r. Brûle-Maison, Lille (Nord).
- 1902 **Dutertre (Emile)**, Dr en méd., 12, r. Coquelin, Boulogne-sur-Mer (P.-de-C.).
- 1913 **Duval (André)**, 1, r. Madame, Paris, VI.
- 1920 **Duvergier**, domaine de Caillavet à Mérignac (Gironde).
- 1888 **Ecole nationale des Eaux et Forêts**, r. Girardot, Nancy (M.-et-M.).
- 1920 **Ehrmann (France)**, Préparateur de Géol. et de Min. à la Fac. des Sc., 31, r. Borély-la-Sapée, Alger (Algérie).
- 1922 **Elevage (Direction de l') du Gouvernement tunisien**. La Rabta, Tunis (Tunisie).
- 1920 **Elissague (Charles)**, Ancien pharmacien, villa Chosi-Kanta, Urrugue, par Ciboure (B.-Pyr.).
- 1920 **Elvers (Charles F.)**, Doc., Membre de l'Ac. des Sc. du Maryland, Arlington (Maryland, E.-U.-A.).
- 1903 * **Epery**, Dr en méd., 6, pl. Grangier, Dijon (Côte-d'Or).
- 1903 **Euchène (Albert)**, 8, bd de Versailles, St-Cloud (S.-et-O.).
- 1880 **Fallot (Emmanuel)**, Professeur de Géol. et doyen à la Fac. des Sc., 34, r. Castéja, Bordeaux (Gironde).

- 1908 * **Fallot (Paul)**, Dr sc., maître de conférences de Géol. à la Fac. des Sc., pl. Notre-Dame, Grenoble (Isère).
- 1914 **Faura i Sans (Marian)**, Professeur de Géol. à la Fac. des Sc. ; Valencia 234. Pral. 1a, Barcelone (Espagne).
- 1867 * **Favre (Ernest)**, 8, r. des Granges, Genève (Suisse).
- 1867 **Fayol (Henri)**, Directeur gén. de la Soc. de Commentry-Fourchambault Decazeville, 49, r. Bellechasse, Paris, VII.
- 1921 **Ferré et Gomis (Doct. Robert)**, Soc. Sc. nat. de Barcelone, Club Juntanyenc ; Fernando 34-2, 1^o, Barcelone (Espagne).
- 1887 **Fèvre (Lucien-Francis)**, Ing. en chef des Mines, 26, r. Laffitte, Paris, IX.
- 1887 **Ficheur (Emile)**, Doyen de la Fac. des Sc., Directeur adj. Serv. Carte géol. de l'Algérie, 77, r. Michelet, Mustapha-Alger.
- 1905 **Fleury (Ernest)**, Professeur à l'Inst. technique sup., Lisbonne (Portugal).
- 1921 **Floquet**, Ing. des Mines, Wittenheim (Haut-Rhin).
- 1892 **Fortin (Raoul)**, Manufacturier, 24, r. du Pré, Rouen (Seine-Inf.).
- 1892 **Fournier (Eugène)**, Professeur de Géol. et de Min., Doyen de la Fac. des Sc., Besançon (Doubs).
- 1904 **Freydenberg (Henri)**, Lt-Col. d'inf. col., Dr sc., Commandant la région de Taza (Maroc).
- 1919 **Friedel (G.)**, Professeur de Min. à la Fac. des Sc., Univ. Strasbourg (Bas-Rhin).
- 1908 **Fritel (P.-H.)**, Assistant de Paléobotanique au Muséum nat. d'H. N., 35, r. de Buffon, Paris, V.
- 1922 **Fuchs (Carlos)**, Dr ès sc., 7, r. Gustave-Flaubert, Paris, XVII.
- 1921 **Furon (Raymond)**, Missions scolaire française à Kaboul (Afghanistan).
-
- 1921 **Gagnebin (Elie)**, Assistant de Géologie à l'Univ. de Lausanne (Palais de Rumine) (Suisse).
- 1922 **Gandillot (Jean)**, Lic. ès sc., 172, r. de la Pompe, Paris, XVI.
- 1901 * **Garde (Gilbert)**, Dr ès sc., Préparateur de Géol. et de Min. à la Fac. des Sc., Clermont-Ferrand (P.-de-D.).
- 1910 **Gaudriot (Emile)**, Ing. des Arts et Man., 41, r. St-Pierre, Neuilly-sur-S. (Seine).
- 1922 **Gauthier (Félix)**, Lic. ès sc. nat., préparateur-délégué de géol. appliquée à la Fac. des Sc., Alger.
- 1902 **Gautier (Emile-F.)**, Professeur à l'Inst. géogr. de la Fac. des Let., 107, r. Michelet, Alger.
- 1919 **Gavala i Laborde (Juan)**, Ing. des Mines, 66, Mendizabal, Madrid (Espagne).
- 1892 **Geikie (Sir Archibald)**, Dr sc., membre associé de l'Institut de France, Sheperd's Down, Haslemere (Surrey, Gr.-Br.).
- 1892 **Gentil (Louis)**, Membre de l'Institut Professeur de Géogr. phys. à la Fac. des Sc., 38 bis, r. Denfert-Rochereau, Paris, V.
- 1922 **Gérard (Colonel)**, 1, r. Inkermann, Angers (M.-et-L.).
- 1921 **Gessen**, Dr en méd., 9, bd. Malesherbes, Paris, VIII.
- 1909 **Gignoux (Maurice)**, Professeur de Géol. à la Fac. des Sc., Inst. géol., Strasbourg (Bas-Rhin).
- 1918 **Gillet (M^{lle} S.)**, Lic. ès sc., Serv. Carte géol. d'Alsace et de Lorraine, 1, r. Blessig, Strasbourg (Bas-Rhin).

- 1920 **Girard (Claude)**, Ing. des Mines, 20, bd Théodore-Thurner, Mar-seille (B.-du-Rh.).
- 1921 **Girardin (Paul)**, Professeur à l'Univ. de Fribourg (Suisse).
- 1881 **Girardot**, Dr en méd., 15, r. Mégevand, Besançon (Doubs).
- 1889 **Giraud (Jean)**, Professeur adj. de Min. à la Fac. des Sc., Coll. Serv. Carte géol. France, Clermont-Ferrand (P.-de-D.).
- 1889 **Giraux (Louis)**, 8 bis, r. Eugénie, St-Mandé (Seine).
- 1909 **Givenchy (Paul de)**, 84, r. de Rennes, Paris, VI.
- 1892 **Glangeaud (Ph.)**, Correspondant de l'Institut, Professeur à la Fac. des Sc., 46 bis, bd de Lafayette, Clermont-Ferrand.
- 1921 **Goblot (Henri)**, Ing. des Mines, Direction de la Cie de Pétroles « Premier », 26, Batorego, Lemberg (Pologne).
- 1906 **Godefroy (René)**, Ing.-adj. au Serv. central des Mines, des Ac. de Longwy, chalet « Les Iris », Mont-St-Martin (M.-et-M.).
- 1911 * **Goldman (Marcus)**, U. S. Geol. Surv., Washington (D.C; E.-U.-A.).
- 1913 **Goujon (Gustave)**, Surveillant gén. à l'Éc. normale sup. de St-Cloud (S.-et-O.).
- 1879 **Gourdon (Maurice-Marie)**, Vice-Président de la Soc. Ramond, 7, r. Germain-Boffrand, Nantes (Loire-Inf.).
- 1896 **Goux**, Agr. de l'Univ., Prof. d'H. N. au Lyc. Condorcet, 35 bis, r. Charles-Chefson (villa Lachapelle, 4), Bois-Colombes (Seine).
- 1880 **Gramont (Comte Antoine-Arnaud de)**, Membre de l'Institut, La Bizolière, par Savennières (M.-et-Loire).
- 1910 * **Grandjean**, Ing. des Mines, Professeur de min. à l'Éc. des mines, 8, square de l'Alboni, Paris, XVI.
- 1919 **Grange (Pierre)**, Dr en méd., 18, r. Terme, Lyon (Rhône).
- 1895 * **Grenier (René)**, Ing. des Mines, Pocancy, par Vertus (Marne).
- 1921 **Gripp-Morand (M^{me} Madeleine)**, Wandsbeckerchaussée, 35 iv ; Hambourg, 23.
- 1878 **Grossouvre (A. de)**, Ing. en chef au Corps des Mines, Correspondant de l'Institut, Bourges (Cher).
- 1891 * **Guébbard (Adrien)**, Agr. de Phys. des Fac. de Méd., Pierrefonds (Oise).
- 1918 **Guyot (Henri)**, Inspecteur-adj. des Eaux et Forêts, 9, place de la République, Thionville (Moselle).
- 1903 **Harmer (F.-W.)**, Oakland House, Cringleford, près Norwich (Norfolk, Grande-Bretagne).
- 1917 **Harraca (Emmanuel)**, Bibliothécaire adj. à la Chambre des Dép., Paris, VII.
- 1906 **Harris (Gilbert-Denison)**, Professeur de Pal., Cornell Univ., Ithaca (N.-Y., E.-U.-A.).
- 1884 **Haug (Émile)**, Membre de l'Institut, Professeur de Géol. à la Fac. des Sc., 1, r. Victor-Cousin, Paris, V.
- 1922 **Hawxhurst (Robert)**, Ing.-géol. des Mines, 2106 Pacific avenue, San Francisco (E.-U.-A.).
- 1922 **Hendon (Bryan)**, Département géol. de la « Cornell Univ. », Ithaca (N. Y.; E.-U.-A.).
- 1922 **Henny (Gerhard)**, Dr ès sc., Ponca City, Post Box 922, Oklahoma (E.-U.-A.).
- 1883 **Henry (J.)**, Dr ès sc., anc. Professeur à l'Éc. de Méd., 37, r. Ernest-Renan, Besançon (Doubs).

- 1920 * **Henry-Couannier (André)**, Ing.-Conseil, 57, r. de la Chaussée d'Antin, Paris, III.
- 1896 **Hermann**, Éditeur, 6, r. de la Sorbonne, Paris, V.
- 1922 **Hodson (Floyd)**, Département géol. de la « Cornell Univ. », Ithaca (N. Y.; E.-U.-A.).
- 1920 **Hollande (Paul)**, Dr en méd., 11, r. Brahauban, Tarbes (Htes-Pyr.).
- 1913 **Houdart (J.)**, Lic. ès sc., Pharmacien, 18, av. Saint-Georges, Auxerre (Yonne).
- 1902 **Houel (Philippe)**, Ing. des Arts et Man., Condé-sur-Noireau (Calvados).
- 1908 **Hubert (Henry)**, Dr ès sc., Administrateur en chef des Colonies, Adj. à l'Insp. des Travaux publics de l'A. O. F., Dakar (Sénégal).
- 1920 **Hubert (Octave)**, Ing., 44, r. Vercingétorix, Paris, XIV.
- 1911 **Hulster (de), Faibie et Cie**, Ing.-Sondeurs, 30, bd Haussmann, Paris, IX.
- 1918 **Huot (Paul)**, Ing.-Chimiste, Établissement Desmarais frères, Le Havre (Seine-Inf.).
- 1916 **Hupier (Charles)**, Pharmacien, 47, r. Decamps, Paris, XVI.
- 1913 **Hure (M^{lle} Augusta)**, 14, r. Savinien-Lapointe, Sens (Yonne).
- 1903 * **Ilovaïsky (David)**, Professeur de Géol. à l'Univ. du Don, Rostoff (Russie).
- 1889 **Imbeaux (Dr Éd.)**, Correspondant de l'Inst., Ing. en chef des P. et Ch., Professeur à l'Éc. nat. des P. et Ch., 18, r. Émile-Gallée, Nancy (M.-et-M.).
- 1881 **Institut de Géologie et de Paléontologie de l'Université**, Strasbourg (Bas-Rhin).
- 1921 [P] **Institut géologique de l'Université de Cluj** (Roumanie).
- 1910 **Institut géologique de l'Université de Cracovie** (Pologne).
- 1921 [P] **Institut géologique de l'Université masaryk**, 59, kounícova, Brno (Tchéco-Slovaquie).
- 1892 **Institut national Agronomique**, 16, r. Claude-Bernard, Paris, V.
- 1904 **Jacob (Charles)**, Professeur de géol. à la Fac. des Sc. de Toulouse.
- 1895 **Jacquinet**, Officier d'Administration de 1^{re} cl. de la Marine, en retraite, 16, av. Colbert, Toulon (Var).
- 1877 * **Janet (Charles)**, Dr ès sc., Ing. des Arts et Man., 71, r. de Paris, Voisinlieu-lès-Beauvais, par Allonne (Oise).
- 1918 **Jeannot (Alphonse)**, Adj. à la Commission géol. Suisse, Inst. de Géol., Le Mail, Neuchâtel (Suisse).
- 1921 **Jérémime (M^{me} Elisabeth)**, 8 bis, r. Amyot, Paris, V.
- 1907 * **Jodot (Paul)**, Chef des Travaux de Géol. générale à l'Éc. des Mines, 12, r. du Regard, Paris, VI.
- 1921 **Johnson (Herbert Edward)**, B.Sc., A.R.S.M. (Mr R. VAN SICKLE), n° 6, str. Anastasa Panu, Ploesti (Roumanie).
- 1907 * **Joleaud (Léonce)**, Maître de Conférences à la Fac. des Sc., 143, bd St-Michel, Paris, V.
- 1903 **Joly (Henri)**, Chargé de cours à la Fac. des Sc., Coll. Serv. Carte Géol. de la France, 53, bd d'Alsace-Lorraine, Nancy (M.-et-M.).
- 1918 **Jondet (Gaston)**, Ing. des P. et Ch., Ing. en chef des Trav. maritimes d'Égypte, Alexandrie (Égypte).
- 1900 **Jordan (Paul)**, Ing. au Corps des Mines, 4, r. de Luynes, Paris, VII.

- 1897 **Joukowsky (Etienne)**, Assistant au Muséum d'H. N., Genève (Suisse).
 1863 **Jourdy (Gén. Em.)**, du cadre de réserve, 44, av. Charles-Floquet, Paris, VII.
- 1895 **Karakasch (Nicolas Iwanowitsch)**, Directeur de l'Éc. sup. d'Agr., Privat-doc. à l'Univ., 19, Karpovka. Pétrograd (Russie).
 1920 **Kelly (F. Sherwin)**, Beinn A'Kyor, Lawrence (Kansas E. U. A.).
 1899 **Kerforne (Fernand)**, Professeur de Géol. à la Fac. des Sc., r. Duboys des Sauzais, Rennes (Ille-et-Vil.).
 1922 **Kettner (Radim)**, Professeur de géol. à l'Éc. polytechnique Karlova n'am, 19, Prague II, 287 (Tchéco-Slov.).
 1881 **Kilian (W.)**, Membre de l'Institut, Professeur de Géol. à la Fac. des Sc., 38, av. Alsace-Lorraine, Grenoble (Isère).
 1921 **Kozlowsky**, Anc. Directeur des Mines d'Oruro (Bolivie), 21, bd de Port-Royal, Paris, V.
 1909 **Ktenas (C. A.)**, Professeur de Min. et de Géol. à l'Univ., Dir. du Serv. géol. de Grèce, 38, r. de l'Académie, Athènes (Grèce).
 1909 **Kuzniar (Wiktor)**, Warszawska, 5, Cracovie (Pologne).
- 1911 **Laboratoire de Géographie physique** de la Fac. des Sc. de Paris, à la Sorbonne, Paris, V.
 1894 **Laboratoire de Géologie** de la Fac. des Sc. de Caen (Calvados).
 1904 **Laboratoire de Géologie** de la Fac. des Sc. de Paris, à la Sorbonne, Paris, V.
 1903 **Laboratoire de Géologie** de l'Éc. nat. d'Agr. de Grignon (S.-et-O.).
 1905 **Laboratoire de Géologie** de l'Éc. norm. sup., 45, r. d'Ulm, Paris, V.
 1894 **Laboratoire de Paléontologie** du Mus. nat. d'H. N., 3, pl. Valhubert, Paris, V.
- 1912 **Laboratoire de Géologie** du Collège de Fr., r. des Écoles, Paris, V.
 1908 **Laboratoire de Géologie de l'Univ.**, Liège (Belgique).
 1913 **Laborde (Fernand)**, Ing. des Arts et Man., directeur de la Soc. des Mines du Dj. Rezzas, La Laverie (Tunisie).
 1921 **Labrie (Abbé)**, Curé à Frontenac (Gironde).
 1886 **Lacroix (Alfred)**, Secrétaire perpétuel de l'Ac. des Sc., Professeur de Min. au Muséum nat. d'H. N., 23, r. Humboldt, Paris, XIV.
 1920 **Lacroix (Eugène)**, Dr en méd., 47, Grande-rue des Charpennes, Lyon (Rhône).
 1913 **Lamare (Pierre)**, Lic. ès sc., Lic. en dr., Préparateur au Collège de France, 62, r. Taitbout, Paris, IX.
 1872 * **Lambert (Jules)**, Président hon. du Tribunal civil de Troyes, 30, r. des Boulangers, Paris, V.
- 1875 [P] **Lamothé (Général de)**, 3, r. Pasteur, Grenoble (Isère).
 1880 **Langlassé (René)**, 52, quai National, Puteaux (Seine).
 1908 **Lanquine (Antonin)**, Chef des Travaux de Géol. à la Fac. des Sc., Lab. de Géol., 1, r. Victor-Cousin, Paris, V.
 1896 **Lantenois**, Insp. gén. des Mines, 160, bd du Montparnasse, Paris, XIV.
 1916 **Lapeyrère (E.)**, Lic. ès sc., Castets (Landes).
 1821 **Lapin (Bernard)**, Institut agricole, Maison-Carré, Alger.
 1906 **Lapparent (Jacques de)**, Professeur de Pétrographie à la Fac. des Sc., 12, quai Koch, Strasbourg (Bas-Rhin).

- 1914 **Larminat (P. de)**, Professeur au grand séminaire, 8, r. Matigny, Soissons (Aisne).
- 1887 * **Lataste (Fernand)**, Professeur hon. de l'Univ. du Chili, Cadillac-sur-Garonne (Gironde).
- 1886 **Launay (Louis De)**, Membre de l'Inst., Insp. gén. des Mines, Professeur à l'Éc. des Mines, 55, r. de Babylone, Paris, VII.
- 1922 **Lecaron (Emile)**, 50, av. de Malakoff, Paris, XVI.
- 1908 * **Lecointre (Georges)**, Ing.-Ch., Lic. ès sc., Chât. de Grillemont, par la Chapelle-Blanche (I.-et-L.).
- 1884 **Le Conte (Albert)**, Ing. en chef des P. et Ch., Insp. gén. des Travaux de Paris, 7, r. Picot, Paris, XVI.
- 1920 * **Le Conte (André)**, Ing., Assmannshausen-sur-le-Rhin. Allemagne.
- 1901 * **Le Couppey de la Forest (Max)**, Insp. gén. du Génie rural, 86, av. de Breteuil, Paris, XV.
- 1869 * **Ledoux (Charles)**, Ing. en chef des Mines, Professeur à l'Éc. des Mines, 250, bd St-Germain, Paris, VII.
- 1883 **Legay (Gustave)**, anc. Receveur de l'Enregistrement et des Domaines, 15, r. Henri-Dupuis, Saint-Omer (P.-de-C.).
- 1921 **Lemoine (Eugène)**, Agr. de l'Univ., Lycée de Chambéry (Savoie).
- 1899 * **Lemoine (Paul)**, Professeur de Géol. au Muséum national d'H. N., 61, r. de Buffon, Paris, V.
- 1913 * **Lemoine (M^{me} Paul)**, Dr ès sc., 71, r. de Rennes, Paris, VII.
- 1922 **Lenhardt**, Directeur gén. adj. de l'Office des phosphates du Maroc-Rabat (Maroc).
- 1903 **Leriche (Maurice)**, Professeur de Géol. à l'Univ., 14, r. des Sols, Bruxelles (Belgique).
- 1921 **Leroux (Edmond)**, Insp. au Serv. des Eaux de la Cie du ch. de fer du Nord, 60, ch. latéral, Enghien-les-Bains (S.-et-O.).
- 1909 * **Létang**, Dr en méd., à l'Essart, près Poitiers (Vienne).
- 1912 **Levainville**, 3, r. Frédéric-Bastiat, Paris, VIII.
- 1920 **Lewinski (J.)**, Professeur de Géol. à l'Univ. Varsovie (Pologne).
- 1906 **Lhomme (Léon)**, Ing., éditeur, 3, r. Corneille, Paris, VI.
- 1880 * **Libbey (William Jr.)**, Professeur de Géogr. phys., Directeur du Museum de Géol. : New-Jersey, collège Princeton (N.-J. ; É.-U.-A.).
- 1920 **Liddle (R. A.)**, Géologue Associé, Bureau de Géologie économique et de Technologie, Austin (Texas, E.-U.-A.).
- 1916 **Lippmann (Eugène)**, Ing., Lic. ès sc., 47, r. de Chabrol, Paris, X.
- 1906 **Lissón (Carlos I.)**, Ing. des Mines, Professeur de Micropétrographie à l'Éc. des Ing., Lima (Pérou).
- 1921 **Livet (Georges)**, Chargé du Serv. géol. de la Cie des Mines de la Grand'Combe (Gard).
- 1889 **Lory (Pierre-Charles)**, Chargé de conférence de Géol. à la Fac. des Sc., 6, r. Fantin-Latour, Grenoble (Isère).
- 1916 **Lotti (Armeno Charles Gust.)**, 7, r. de Castiglione, Paris, I.
- 1921 **Lucat (G.)**, Conservateur du Musée d'Histoire naturelle, 56, r. Origet, Tours (Indre-et-Loire).
- 1899 **Lugeon (Maurice)**, Correspondant de l'Inst., Professeur à l'Univ., villa des Préalpes, 23, av. Charles-Secrétan, Lausanne (Suisse).
- 1912 **Lutaud (Léon)**, Chef des Travaux à la Fac. des Sc. et à l'Éc. des Mines, 86, av. Mozart, Paris, XVI.

- 1920 **Macovei (Georges)**, Inst. géol. de Roumanie, 2, Chaussée Kisselef, Bucarest (Roumanie).
- 1920 **Maire (V.)**, Professeur de Sc. au Lycée, 48, Grande-Rue, Gray (Hte-Saône).
- 1889 **Maitre (J.)**, forges de Morvillars, près Belfort (Haut-Rhin).
- 1903 **Mansuy (H.)**, Serv. des mines de l'Indochine, Hanoï (Indochine).
- 1921 **Marcelin (Paul)**, Secrétaire de la Soc. d'Études des Sc. nat., 13, r. des Greffes, Nîmes (Gard).
- 1877 **Margerie (Emmanuel de)**, Correspondant de l'Institut, directeur du Serv. Carte géol. régionale d'Alsace et de Lorraine, 1, r. Blessig, Strasbourg (Bas-Rhin).
- 1883 **Martel (Edouard-Alfred)**, Membre du Conseil supérieur d'Hygiène publique, 23, r. d'Aumale, Paris, IX.
- 1920 **Martin (Fernand)**, Préparateur de Min. à la Fac. des Sc., 48, r. de Constantine, Alger.
- 1897 **Martonne (Emmanuel de)**, Professeur de Géogr. à la Fac. des Lettres, 248, bd Raspail, Paris, XIV.
- 1891 **Marty (Pierre)**, châ. de Caillac, par Arpajon (Cantal).
- 1922 **Matouchek (Otakar)**, Dr ès sc., Assistant de géol. à l'Univ. Charles, Prague (Tchéco-Slov.).
- 1881 **Mattirolo (Ettore)**, Ing. au Corps royal. des Mines, 45, via Carlo Alberto, Turin (Italie).
- 1906 **Mauche (Albert)**, Lic. ès sc., 11, r. des Sœurs-Noires, Montpellier (Hérault).
- 1900 **Maurice (Joseph)**, Ing. civ. des Mines, 12, r. du Havre, Paris, IX.
- 1914 **Maurin (Émile)**, Ing., Chef d'exploitation aux Mines du dj. Djerissa, à Djerissa (Tunisie).
- 1902 **Maury (E.)**, Préparateur de Phys. au Lycée, 11, r. Rouget-de-l'Isle, Nice (Alp.-Mar.).
- 1903 * **Mecquenem (Roland de)**, Ing. des Mines, Délégué en Perse du Min. de l'Inst. pub., 16, r. du Pré-aux-Cleres, Paris, VII.
- 1899 * **Mémin (Louis)**, Anc. élève des Fac. de Médecine, des Sciences et de Pharm. de Paris, 25, r. de la Citadelle, Arcueil (Seine).
- 1909 **Mengaud (Louis)**, Chargé de Cours de Géol. à la Fac. des Sc., 7, r. Lakanal, Toulouse (Hte-Gar.).
- 1902 **Mengel (O.)**, Directeur de l'Observatoire météorologique, à la Pépinière, Perpignan (Pyr.-Or.).
- 1912 **Mercier (André)**, 29, r. de Fleury, Fontainebleau (S.-et-M.).
- 1903 **Merigeault (Emilien)**, Ing. en chef des Mines, Société des Minerais et Métaux, 154, bd Haussmann, Paris, VIII.
- 1903 **Merle**, Ing. des Travaux publics de l'Etat, Serv. Carte géol. de la France, 62, bd St-Michel, Paris, VI.
- 1896 **Mermier (E.)**, Ing., Villa des Roses, 27, bd de Grancy, Lausanne (Suisse).
- 1914 **Meunier (Fernand)**, 229, bd du Château, Gand (Belgique).
- 1882 **Meunier (Stanislas)**, Professeur hon. de Géol. au Muséum nat. d'H. N., 3, quai Voltaire, Paris, VII.
- 1897 **Meyer (Lucien)**, Conservateur du Musée, 25, r. Denfert-Rochereau, Belfort (Haut-Rhin).
- 1911 **Michalon (Lucien)**, Ing. des Mines, 96, r. de l'Université, Paris, VII.
- 1901 **Michel-Lévy (Albert)**, Maître de Conférences à la Fac. des Sc., 26, r. Spontini, Paris, XVI.

- 1920 **Milon (Yves)**, Préparateur de Géol. à la Fac. des Sc., Rennes (I.-et-V.).
- 1893 **Miquel (Jean)**, Barroubio, par Aigues-Vives (Hérault).
- 1915 **Moinet (Jules)**, Industriel, 21, r. Laugier, Paris, XVII.
- 1896 **Molengraaff (Dr G. A. F.)**, Géol., Voorstraat, 60, Delft (Pays-Bas).
- 1912 **Monestier (Joseph)**, Not., 8, r. Alsace-Lorraine, Millau (Aveyron).
- 1878 **Monthiers (Maurice)**, Ing. des Mines, 50, r. Ampère, Paris, XVII.
- 1911 **Morellet (Jean)**, 3, bd Henri-IV, Paris, IV.
- 1906 **Morellet (Lucien)**, 7, bd St-Germain, Paris, V.
- 1919 **Moret (Léon)**, Dr en méd., Préparateur de Géol. à la Fac. des Sc. de Strasbourg (Bas-Rhin).
- 1877 **Morgan (Jacques de)**, Ing. des Mines, Délégué gén. hon. en Perse du Min. de l'Instr. pub., 31, Allée d'Azémar, Draguignan (Var).
- 1911 **Mouneyres (L.)**, Ing. en chef des Mines, Insp. gén. des Travaux publics de l'A. O. F., Dakar (Sénégal).
- 1876 **Mouret (G.)**, Insp. gén. hon. des P. et Ch., Professeur à l'Ec. nat. des P. et Ch., 29, r. Borgnis-Desbordes, Versailles (S.-et-O.).
- 1895 **Mourgues**, Dr ès sc., Chargé d'un cours de Géol. à la Fac. des Sc., 4, r. de la Bascule, Montpellier (Hérault).
- 1903 **Moutier (François)**, Dr en méd., Lic. ès sc., anc. interne des Hôpitaux, 95, r. de Monceau, Paris, VIII.
- 1897 **Mrazec (Louis)**, Professeur de Min. et de Pétr. à l'Univ., Inst. géol., chaussée Kisselef, 2, Bucarest (Roumanie).
- 1900 **Murgoci (Georges)**, Professeur de Géol. à l'Ec. polytechnique de Bucarest (Roumanie).
- 1898 **Musée national géologique d'Agram** (Croatie).
- 1921 **Nassans (René)**, Préparateur au Muséum nat. d'H. N., Lab. de géol., 61, r. de Buffon, Paris, V.
- 1920 **Nassé (Victor P. H.)**, Mining Geologist (Union Oil Co of Burma) « Morrison » Circular road, Maymyo (Birmanie).
- 1908 **Negre (Georges)**, 5 bis, r. Delaizement, Neuilly-s.-Seine (Seine).
- 1904 **Négris (Phocion)**, Ing., 6, rue Tricorphon, Athènes (Grèce).
- 1920 **Neveux (G.)**, Dr en méd., Torcy (S.-et-M.).
- 1912 **Nicolesco (Constant)**, Dr ès sc., Ing. géol., 37, r. Monge, Paris, V.
- 1906 **Nicou (Paul)**, Ing. au Corps des Mines, 17, bd Flandrin, Paris, XVI.
- 1907 **Noël (Eugène)**, Anc. élève de l'Éc. normale. sup., 106, Faub. des Trois-Maisons, Nancy (M.-et-M.).
- 1886 **Nolan**, 17, bd Rainaldi, Nice (A.-M.).
- 1912 **Nugue (P.)**, Ing., r. Philibert-Guide, Chalon-s.-Saône (S.-et-L.).
- 1899 **Offret (Albert)**, Professeur de Min. théorique et appliquée à la Fac. des Sc., 16, quai Claude-Bernard, Lyon (Rhône).
- 1892 * **O'Gorman (Comte Gaëtan)**, 37, av. de Barèges, Pau (B.-Pyr.).
- 1921 **Olsson (Axel A.)**, anc. Assistant au Lab. de Pal. de la Cornell Univ., Géol. de la « Sinclair Oil Co », Ithaca N. Y. (E.-U.-A.).
- 1921 **Oncieux de la Bathie (Joseph d')**, Barby (Savoie).
- 1920 **Oppermann**, Ing. en chef des Mines, en retraite, 2, r. Gustave-Ricart, Marseille (B.-du-Rh.).
- 1920 **Orcel (Jean)**, Préparateur de Min. au Muséum nat. d'H. N., 10, r. de Porto-Riche, Meudon (S.-et-O.).

- 1902 **Pachundaki (D.-E.)**, de l'Inst. égyptien, P.-O., box 1138, Alexandrie (Egypte).
- 1913 **Painvin (G.-J.)**, Professeur de Pal. à l'Éc. des Mines, 2, r. de la Muette, Paris, XVI.
- 1921 **Pallary (Paul-Maurice)**, Eckmühl, près Oran (Algérie).
- 1914 **Panthier (A.)**, Professeur au Lycée Lakanal, 12, r. du Lycée, Sceaux (S.).
- 1920 **Patte (Etienne)**, Capitaine d'Art. colon., Serv. géol. de l'Indochine, Hanoï (Tonkin).
- 1924 **Pau (Abbé)**, 9, r. de Civry, Paris, XVI.
- 1912 **Pavlow (Alexandre W.)**, Professeur à l'Éc. sup. des Ing., 9, Souchovskaja, n° 69, Moscou (Russie).
- 1884 **Pavlow (Alexis-Petrowitch)**, Professeur de Géol. à l'Univ. Maison de l'Univ., 34, Dolgoroukovski pereoulok, Moscou (Russie).
- 1920 **Pechelbronn, Société anonyme d'exploitation minière**, 32, allée de la Robertsau, Strasbourg (Bas-Rhin).
- 1899 **Pellegrin (Charles)**, Ing. des Mines, Bessèges (Gard).
- 1905 * **Pereira de Sousa (Francisco Luiz)**, Chef Serv. géol., Professeur de Géol. à l'Univ., 32, r. dos Lagares, Lisbonne (Portugal).
- 1913 **Perret (Robert)**, Dr ès sc., 6, r. François 1^{er}, Paris, VIII.
- 1907 * **Pesson-Didon (Maurice)**, Ing. des Mines, 6, square de Messine Paris, VIII.
- 1921 **Pestre**, Instituteur, à Châteauroux-les-Alpes (Hautes-Alpes).
- 1914 **Petit (Julien)**, Chargé de cours de Géogr. à la Fac. des Lettres, 17, place Simon-Vollant, Lille (Nord).
- 1878 **Petitclerc (Paul)**, 6, r. du Lycée, Vesoul (Hte-Saône).
- 1911 **Petkowitch (Wladimir R.)**, Dr ès sc., Assistant à l'Inst. géol. de l'Univ., Belgrade (Serbie).
- 1911 **Pfender (Mlle)**, Préparateur de Géol. à la Fac. des Sc., 171, r. du Fg-Poissonnière, Paris, IX.
- 1918 **Picquencard**, Dr en méd., Chargé de Cours de Paléobot. à la Fac. des Sc. de Rennes, 19, r. de Brest, Quimper (Finistère).
- 1910 **Pinard (Albert)**, 40, r. Philibert-Delorme, Paris, XVII.
- 1921 **Pinhero (Almeida)**, Capitaine aviateur, Adj. à la Légation militaire du Portugal, 12, r. Emile-Augier, Paris, XVI.
- 1903 **Piroutet (Maurice)**, Dr ès sc, Professeur au Collège, Salins (Jura).
- 1910 * **Pitaval (R.)**, Ing. des Mines, 7, r. d'Offémont, Paris, XVII.
- 1922 **Piveteau (Jean)**, 54, r. d'Assas, Paris, VI.
- 1912 **Plé (Ernest)** propriétaire, 9, av. Niel, Paris, XVII.
- 1921 **Plotton (Barthélemy)**, Ing. des Mines, villa des Cerises, Couzon-au-Mont-d'Or (Rhône).
- 1908 **Pocta (Philipp)**, Dr ès sc., Professeur de Géol. et de Pal. à l'Univ. tchèque, Albersov, 6, Prague, VI (Tchéco-Slovaquie).
- 1889 **Poirault (Georges)**, Dr ès sc., Directeur du Lab. d'Enseig. sup. (Villa Thuret), Antibes (A.-M.).
- 1913 **Poirée (E.)**, Dr en méd., Service d'Electro-Radiologie, Hôpital militaire, Strasbourg (Bas-Rhin).
- 1906 **Poisot (Paul)**, Directeur de l'hôpital Broussais, 96, r. Didot, Paris, XIV.
- 1902 **Portet (Victor)**, Ing., 8, r. St-Amand, Paris, XV.

- 1879 **Portis (Alessandro)**, Dr ès sc., Professeur de Géol. et de Pal. à l'Univ., Rome (Italie).
- 1910 **Pourbaix (J.)**, Ing., 50, r. de Nimy, Mons (Belgique).
- 1920 **Pouyanne (Albert)**, Ing. en ch. des P. et Ch., 47, r. de Courcelles, Paris, VIII.
- 1912 * **Pruvost (Pierre)**, Maître de Conférences à la Fac. des Sc., 159, r. Brûle-Maison, Lille (Nord).
- 1909 * **Pussenot (Charles)**, Capitaine d'art., 21 bis, r. Turenne, Grenoble (Isère).
- 1905 **Puzenat (Léon)**, 23, r. François-Bonvin, Paris, XV.
- 1891 * **Racovitza (Émile G.)**, Directeur de l'Inst. de Spéologie ; cásuta postalá, 158, Cluj (Roumanie).
- 1878 **Ramond (Georges)**, Assistant hon. de Géol. au Muséum national d'H. N., 18, r. Louis-Philippe, Neuilly-s.-Seine (Seine).
- 1893 **Ramsay (Wilhelm)**, Professeur à l'Univ., Helsingfors (Finlande).
- 1912 **Randoin (A.)**, Agr. de l'Univ., 49, r. Gay-Lussac, Paris, V.
- 1891 * **Raveneau (Louis)**, Agr. d'Hist. et de Géog., 76, r. d'Assas, Paris, VI.
- 1910 **Regnard (Henry)**, Secrétaire gén. de l'Association des Ing., Architectes et Hygiénistes municipaux, 3, r. Palatine, Paris, VI.
- 1873 **Repelin (Joseph)**, Professeur de Géol. à la Fac. des Sc., Conservateur au Muséum d'H. N.; 86, r. St-Savournin, Marseille (B.-du-Rh.).
- 1881 **Révil (Joseph)**, Anc. pharmacien à Chaloup, par Cognin (Savoie).
- 1881 **Riche (Attale)**, Dr ès sc., Chargé de cours de Géol. à la Fac. des Sc., 26, av. de Noailles, Lyon (Rhône).
- 1894 **Ritter (Etienne-A.)**, 6, East Willamette street, Colorado Springs (Col., E.-U.-A.).
- 1905 **Robin (Auguste)**, Correspondant du Muséum nat. d'H. N., 105, r. Dareau, Paris, XIV.
- 1921 **Roch (Edouard)**, Étudiant, r. Croix-d'Or, Chambéry (Savoie).
- 1920 **Roig (Mario Sanchez)**, Drès Sc. nat., Professeur à l'Ecole d'Agric. de la Havane, Cerro 827, La Havane (Cuba).
- 1921 **Rolland (François-Alexis)**, Chef du Serv. géol. de l'Inst. Scient. chérifien, 19, r. de Lorraine, Rabat (Maroc).
- 1908 **Rollet**, Fondateur de l'Association des Nat., 62, r. Voltaire, Levallois-Perret (Seine).
- 1894 * **Roman (Frédéric)**, Chef de Travaux, Chargé d'un cours complémentaire de Géol. à la Fac. des Sc., 2, quai St-Clair, Lyon (Rhône).
- 1921 * **Roquefort (Camille)**, 33, faub. Saint-Jaumes, à Montpellier (Hérault).
- 1885 **Roussel (Joseph)**, anc. Professeur, villa Mary-Per, chemin de Velours, Meaux (S.-et-M.).
- 1910 * **Roux (Henri)**, Ing. des Mines, Ing. de la Société des Glaceries et Produits chim.; Selzaëte (Belgique).
- 1898 * **Rouyer (Camille)**, Dr en dr., Avoué, 49, r. Gloriette, Chalon-s.-Saône (Saône-et-L.).
- 1905 **Rovereto (G.)**, Professeur à l'Univ. royale, Museo della Villetta di Negro, Gènes (Italie).
- 1916 **Russo (P.)**, Médecin-chef à Figuig (Maroc or.).

- 1885 **Sacco (Federico)**, Professeur de Géol. au Politecnico, et de Pal. à l'Univ., Castello del Valentino, Turin (Italie).
- 1921 **Sadek (H.)**, Dr sc., F.G.S., Inspect. au Geological Survey d'Egypte, Dawawyn, P. O., Le Caire (Egypte).
- 1913 **Saint-Périer (René de)**, Dr en méd., Morigny, par Etampes (S.-et-O.).
- 1920 **Salée (Abbé A.)**, Professeur de Pal. à l'Univ. de Louvain (Belgique).
- 1913 **Salin (Édouard)**, Maître de Forges, Montaigu, Laneuveville-lès-Nancy (Meurthe-et-M.).
- 1890 * **Salles**, anc. Insp. des Colonies, 23, r. Vaneau, Paris, VII.
- 1910 **Salopek (Marian)**, Dr ès sc., Conservateur du Museum nat. de Géol. et de Pal., 49, Prilaz, Agram (Croatie).
- 1919 **Sambucy de Sorgue (Marc de)**, au Grand Mas, par St-Etienne-du-Grès (B.-du-R.).
- 1904 **Sangiorgi (Dominico)**, Dr ès sc., 70, via Cavour, Imola (prov. de Bologne, Italie).
- 1913 **San Miguel de la Cámara**, Professeur à l'Univ., 162, Diputacion, Barcelone (Espagne).
- 1917 **Sauvage (H.)**, Ing., 80, Bd Raspail, Paris, VI.
- 1922 **Sauvaget (Henri)**, conservateur des collections de Pal. du Mus. de Niort (Deux-Sèvres), 77, r. de Fontenay, Niort.
- 1901 **Savornin (Justin)**, Chef des travaux de Géol. et de Min. à la Fac. des Sc., villa Gyptis, r. d'Alembert, Alger.
- 1917 **Savoie (G.)**, Ing. civ., 1, r. Bruller, Paris, XIV.
- 1878 **Sayn (Gustave)**, villa des Cèdres, à Montvendré, par Chabeuil (Drôme).
- 1922 **Schæeller (Henri)**, 140, route de St-Leu, Montmorency (S.-et-O.).
- 1901 **Schardt (Hans)**, Dr ès sc., Professeur de Géol. à l'Éc. polytech. et à l'Univ., 18, Voltastr., Zurich, V (Suisse).
- 1921 **Schlumberger (Robert-Adolphe)**, Ing. aux Mines de la Sarre, Inspection VI, Reden-Sarre.
- 1890 **Schmidt (Carl)**, Dr ès sc., Professeur de Géol. à l'Univ., Min. Inst.-Université, Münsterplatz, 6/8, Bâle (Suisse).
- 1879 **Segré (Claudio)**, Insp. supérieur des Ch. de fer de l'État, 229, corso Vittorio Emanuel, Rome (Italie).
- 1894 **Sena (Joachim C. da Costa)**, Directeur de l'Éc. des Mines, Ouro-Preto (Minas-Geraes, Brésil).
- 1921 **Sergent (Georges)**, Instituteur, Franconville (S.-et-Oise).
- 1913 **Serradell-Planella (Balthasar)**, Dr ès sc., calle San Pablo, 73, Barcelone (Espagne).
- 1921 [P.] **Service des Mines** de la Direction générale des Travaux publics du Maroc à Rabat (Maroc).
- 1919 **Simon (Ernest)**, bâtonnier de l'Ordre des avocats, 26, rue de la République, Besançon (Doubs).
- 1918 **Sinclair (Joseph H.)**, Ing. géol., 621 west, 171 street, New-York City (New-York, E.-U.-A.).
- 1893 **Skouphos (Th.)**, Professeur de Géol. et de Pal. à l'Univ. et au Polytecn., 65, r. Asklepios, Athènes (Grèce).
- 1920 **Smith (Ernest R.)**, Professeur de géol., Univ. de Pauw, Greencastle (Indiana, E.-U.-A.).
- 1920 **Société « l'Aluminium français »** (M. le Directeur de la), 12, Roquépine, Paris, VIII.

- 1921 Société anonyme des Hauts-Fourneaux et Fonderies de Pont-à-Mousson, 5, r. Jules-Lefèvre, Paris, IX.
- 1879 [P] Société anonyme des Houillères de Bessèges et Robiac, 17, r. Jeanne-d'Arc, Nîmes (Gard).
- 1884 Société d'Emulation de Montbéliard (Doubs).
- 1922 Société de Géographie du Maroc, Casablanca (Maroc).
- 1920 Société des Grands Travaux de Marseille (M. le Directeur de la), 25, r. de Courcelles, Paris, VIII.
- 1921 Société pétrolifère de Recherches et d'Exploitation, 5, r. Jules-Lefèvre, Paris, IX.
- 1911 [P] Société des pétroles Teheleken-Daghestan, Grozny (Caucase).
- 1920 Société Omnium d'Entreprises (M. Thomine, Directeur), 59, r. de Provence, Paris, IX.
- 1919 Société de St-Gobain-Chauny et Cirey (M. le Dir. gén. des Usines de Produits Chim. de la), 1, place des Saussaies, Paris, VIII.
- 1917 Solignac (Marcel), Lic. ès sc., villa Révée, r. d'Isly prolongée, Tunis (Tunisie).
- 1921 Soyer (Robert), 27, r. Denis-Papin, Pantin (Seine).
- 1899 Spiess, Chef de Bataillon du Génie en retr., 16 bis, av. d'Italie, Clermont-Ferrand (P.-de-D.).
- 1921 Stamp (L. Dudley), Dr sc., Yenangyaung; Yomah Oil Co. (Birmanie).
- 1894 Stefanescu (Sabba), Professeur de Pal. à la Fac. des Sc., 2, bd Coltei, Bucarest (Roumanie).
- 1888 Stefani (Carlo de), Inst. sup., Piazza San Marco, Florence (Italie).
- 1902 Stehlin (H. G.), Conservateur du Musée, Bâle (Suisse).
- 1914 * Stévenin (André), Ing des Mines, Société anonyme du port de Rosario-de-Santa-Fé (Rép. Argentine).
- 1884 Stuer (Alexandre), Comptoir français géol. et min., 4, r. de Castellane, Paris, VIII.
- 1922 Syndicat de Documentation géol. et pal., 61, r. de Buffon, Paris, V.
- 1913 Taber (Dr Stephen), Professeur de Géol. à l'Univ. de la Caroline du Sud, Columbia (S. Car., E.-U.-A.).
- 1920 Taeye (Félix de), Industriel, 7, r. des Eaux, Paris, XVI.
- 1912 Teilhard de Chardin (Abbé Pierre), Dr ès Sc., Professeur de Géol. à l'Inst. catholique, 13, r. du Vieux-Colombier, Paris, VI.
- 1922 Termier (Henri), Médical Hôtel, 26, r. du faubourg St-Jacques, Paris, XIV.
- 1881 Termier (Pierre), Membre de l'Inst., Professeur de Géol. à l'École des Mines, Directeur du Serv. carte géol. de la France, 164, r. de Vaugirard, Paris, XV.
- 1919 Thiéry (Paul), Ing.-géol., 2, r. de Scarpone, Pont-à-Mousson (M.-et-M.).
- 1883 Thomas (H.), Sous-Ing. des Mines, 29, r. de Ponthieu, Paris, VIII.
- 1922 Thomasset (Léon), Lic. ès sc., St-Gilles (Saône-et-Loire).
- 1911 Thouvenin, Architecte, 19, r. de la Chaîne, Rouen (Seine-Inf.).
- 1922 Timon-David (Jean), Lic. ès sc. nat., Serv. carte géol., 31, r. du Coq, Marseille (B.-du-R.).
- 1900 Tournouër (André), 8, square de l'Alboni, Paris, XVI.
- 1921 Trapier (Georges), 10, r. Saint-Polycarpe, Lyon (Rhône).
- 1916 Tussau, Dr en Méd., Médecin-chef de clinique chirurgicale, 2, cours Gambetta, Lyon (Rhône).

- 1879 **Vallat (Jules de)**, Anc. maire du VI^e arr., 1, r. Madame, Paris, VI.
- 1876 * **Vallot (Joseph)**, Directeur des Observatoires du Mt-Blanc, 5, r. François-Aune, Nice (Alp.-M.).
- 1876 * **Van den Broeck (Ernest)**, Secr. gén. hon. de la Soc. belge Géol., Pal. Hyd., 39, sq. de l'Industrie, Q^r. L^d., Bruxelles (Belgique).
- 1909 **Vandernotte**, Sous-ing. des Mines, 21, av. Reille, Paris, XIV.
- 1917 **Van Straelen (Victor)**, Dr ès sc., Chef des Travaux de Géol. à l'Univ., 14, r. des Sol^s, Bruxelles (Belgique).
- 1921 **Van Winkle Palmer (Miss Katherine)**, Renwitch Heights; Ithaca (N. Y., E.-U.-A.).
- 1916 **Veillard**, Doct. en méd., 127, bd Malesherbes, Paris, VIII.
- 1867 **Vélain (Charles)**, Professeur hon. de Géogr. phys. à la Fac. des Sc., 9, r. Thénard, Paris, V.
- 1911 **Vermorel (Alphonse)**, Dr en méd., anc. interne des hôpitaux, 38, r. Pierre-Charon, Paris, VIII.
- 1902 **Vermorel (Victor)**, Sénateur, Directeur de la Station viticole, Villefranche-sur-Saône (Rhône).
- 1920 **Vésignié (Louis)**, Lt-Col. d'Artill., 35, r. St-Honoré, Fontainebleau (S.-et-M.).
- 1920 **Viennot (Pierre)**, Agr. de l'Univ., Préparateur de Géol. à l'Ecole normale supérieure, 45, r. d'Ulm, Paris, V.
- 1882 **Vischniakoff (Nicolas)**, 18, r. Gagarinsky, Moscou (Russie).
- 1904 **Vlès (Fred)**, Chargé de cours de Zool. à la Fac. des Sc., Strasbourg (Bas-Rhin).
- 1877 **Voisin (Honoré)**, Ing. en chef des Mines, Directeur hon. de la Ciedes Mines de Roche-la-Molière et Firminy, St-Genis-Laval (Rhône).
- 1908 **Voitesti (J.-P.)**, Professeur de Géol. à la Fac. des Sc., Inst. géol. de l'Univ. de Cluj, Str. Minervei, 7 (Roumanie).
- 1892 * **Vulpian (André de)**, Dr en méd., Lic. ès sc. nat., 38, av. de Wagram, Paris, VIII.
- 1912 **Watelin (Jacques)**, 8, r. Meissonnier, Paris, XVII.
- 1881 **Welsch (Jules)**, Professeur de Géol. et Doyen de la Fac. des Sc., r. Scheurer-Kestner, Poitiers (Vienne).
- 1921 **Winton (W. M.)**, Professeur de Géol. et de Biolog. à la Texas Christian University, Fort Worth (Texas, E.-U.-A.).
- 1907 **Wójcik (Karimierz)**, Drès sc., Assistant de Géol. à l'Univ., 6, r. Ste-Anne, Cracovie (Pologne).
- 1922 **Wrathall (Leonard)**, Bank of New-South-Wales Threadneedle-street, Londres.
- 1918 **Yovanovitch (B.)**, Directeur de la Société des Mines de Beni Aicha. Souk el Arba du Gharb, Maroc.
- 1905 * **Zeil (G.)**, Commt de l'Inf. col., 23, allée de Gagny, le Raincy (S.-et-O.).
- 1880 **Zujovic (Jovan M.)**, Professeur à la Fac. des Sc., 13, Resavska Ulica, Belgrade (Serbie).
- 1881 **Zurcher (Ph.)**, Ing. en ch. des P. et Ch., 12, av. Flachat, Asnières (Seine).

Liste des membres de la Société distribués géographiquement

France	Houel	Haute-Garonne
<i>Aisne</i>	Lab. géol. Univ. Caen	Astre
Larminat (P. de)	<i>Cantal</i>	Bibl. univ. Toulouse
Soc. de St-Gobain	Boisse de Black (M ^{lle})	Caralp
<i>Allier</i>	Boule	Delmas
Cie des forges de Châtillon	Marty	Duffour
<i>Alpes-Maritimes</i>	<i>Cher</i>	Durand
Maury	Grossouvre (A. de)	Jacob
Nolan	Vésignié	Mengaud
Poirault	<i>Côte-d'Or</i>	Hautes-Pyrénées
Vallot	Bibl. univ. Dijon	Hollande
<i>Ariège</i>	Bréon	<i>Haute-Saône</i>
Azéma (J.)	Busquet	Cardot
<i>Aveyron</i>	Chaput	Maire
Monestier	Epercy	Petitclerc
<i>Bas-Rhin</i>	<i>Deux-Sèvres</i>	<i>Haute-Savoie</i>
Arabu	Sauvaget	Bibl. d'Annecy
Bibl. univ. Strasbourg	<i>Doubs</i>	<i>Haut-Rhin</i>
Briquet	Bibl. univ. de Besançon	Floquet
Friedel	Bresson	Maître
Gignoux	Fournier (E.)	Meyer
Gillet (M ^{lle}).	Girardot	<i>Hérault</i>
Inst. géol. Strasbourg	Henry (J.)	Bibl. univ. Montpellier
Lapparent (J. de)	Simon	Blayac
Margerie (Emm. de)	Soc. d'émulation	Daguin
Moret	<i>Drôme</i>	Leenhardt
Pechelbronn (Soc.)	Sayn	Mauche
Poirée	<i>Eure-et-Loire</i>	Miquel
Vlés	Bochin	Mourgues
<i>Basses-Pyrénées</i>	Bourgery	Roquefort
Cossmann	<i>Finistère</i>	<i>Ille-et-Vilaine</i>
Elissague	Picquenard	Bézier
O'Gorman	<i>Gard</i>	Collin
Passemard	Bibl. muséum. Nîmes	Dangeard
<i>Bouches-du-Rhône</i>	Bonnes	Kerforme
Bibl. Marseille	Cie min. Grd-Combe	Milon
Brun (de)	Livet	<i>Indre-et-Loire</i>
Denizot	Marcelin	Lecointre
Girard	Pellegrin	Lucat
Oppermann	Soc. H. Bessèges	<i>Isère</i>
Repelin	<i>Gironde</i>	Bibl. Univ. Grenoble
Roux (J.-L.)	Bezagu	Blanchet
Sambucy de Sorgue	Duvergier	Fallot (Paul)
Soc. grds Travaux Mars.	Fallot (Em.)	Kilian (W.)
<i>Calvados</i>	Labrie	Lamothe (de)
Bigot	<i>Hautes-Alpes</i>	Lory
Debeaupuis	Pestre	Pussenot
		<i>Jura</i>
		Bourgeot
		Piroutet

<i>Landes</i>	<i>Puy-de-Dôme</i>	Goujon
Dubalen	Bibl. univ. Clermont	Ecole Agrig. Grignon
Lapeyrère	Garde	Leroux
<i>Loir-et-Cher</i>	Giraud (J.)	Mouret
Delamarre	Glangeaud	Orcel
<i>Loire-Inférieure</i>	Spiess	Schæller
Bureau (Louis)	<i>Pyrénées-Orientales</i>	St-Périer (de)
Gourdon	Mengel	Zeil
<i>Lot-et-Garonne</i>	<i>Rhône</i>	Sergent
Deguilhem	Cholley	<i>Somme</i>
<i>Lozère</i>	Depéret	Aufrère
Charreyre	Doncieux	<i>Tarn-et-Garonne</i>
<i>Maine-et-Loire</i>	Grange	Aubert (Frédéric)
Bizard	Lacroix (E.)	<i>Var</i>
Couffon	Offret	Jacquinet
Gérard	Plotton	Morgan (de)
Grammont (de)	Riche	<i>Vaucluse</i>
<i>Manche</i>	Roman	Chatelet
Dalimier	Trapier	<i>Vendée</i>
<i>Marne</i>	Tussau	Chartron
Grenier	Vermorel (V.)	<i>Vienne</i>
<i>Meurthe-et-Moselle</i>	Voisin	Chauvet
Corroy	<i>Saône-et-Loire</i>	Couégnas
Ecole des Eaux et F.	Nugue	Létang
Godefroy	Rouyer	Welsch
Imbeaux	Thomasset	<i>Yonne</i>
Joly	<i>Sarthe</i>	Houdart
Noël	Bouillerie (de la)	Hure (M ^{lle})
Salin	<i>Savoie</i>	<i>Algérie</i>
Soc. H. F. Pont-à-Mousson	Blondet	Arambourg
Thiéry	Combaz	Bévia
<i>Moselle</i>	Lemoine (E.)	Brives
Guyot	Oncieux de la Bathie (d')	Dalloni
Schlumberger (R. A.)	Révil	Doumergue
<i>Nièvre</i>	Roch	Dussert
Dasse	<i>Seine-Inférieure</i>	Ehrmann
<i>Nord</i>	Davies (Alf.)	Ficheur
Barrois	Fortin	Gautier (Em.)
Bertrand (Paul)	Huot (Paul)	Gauthier (Félix)
Carpentier	Thouvenin	Lapin
Delépine	<i>Seine-et-Marne</i>	Martin (F.)
Dolle	Decary	Pallary
Dubar	Mercier	Savornin
Dubois	Neveux	<i>Tunisie</i>
Dutertre (A. P.)	Roussel	Bédé
Petit (J.)	<i>Seine-et-Oise</i>	Bibl. pub. Tunis
Pruvost	Allorge	Direct. de l'Elevage
<i>Oise</i>	Auvray	Laborde
Janet (Ch.)	Barthélemy	Crooks
Guébbard	Brière (M ^{lle})	Maurin
<i>Pas-de-Calais</i>	Canu	Solignac
Dutertre (Em.)	Colas	<i>Maroc</i>
Legay	Courty	Barthoux (J.)
	Couvreur	Beaugé
	Euchène	

Célerier
Freydenberg
Lenhardt
Rolland
Russo
Serv. des Mines
Société de Géographie
Yovanovitch

Afrique occ. franç.

Hubert (H.)
Mouneyres

Madagascar

Dropsy

Indochine

Bourret
Debeaupuis
Dussault
Patte
Mansuy

Belgique

Andrimont (R. d')
Anten
Anthoine
Bibl. Louvain
Ecole Mines Hainaut
Cornet
Dorlodot (de)
Lab. géol. univ. Liège
Leriche
Meunier (F.)
Pourbaix
Roux (H.)
Salée (A.)
Taeye (de)
Van den Broeck
Van Straelen

Suisse

Arbenz
Argand
Bärri
Bernet
Bibl. Univ. Bâle
Collet (L. W.)
Déverin
Duparc
Favre (E.)
Gagnebin
Girardin
Jeannet
Joukowski
Lugeon
Mermier
Schardt (H.)
Schmidt (C.)
Stehlin

Italie

Dal Piaz
Mattirolo
Portis
Rovereto
Sacco
Sangiorgi
Segré
Stefani

Espagne

Bofill y Poch
Cortazar (de)
Darder i Pericas
Faura i Sans
Ferré et Gomis
Gavala i Laborde
San Miguel
Serradell-Planella

Portugal

Service géol.
Fleury
Pereira de Sousa
Pinhero

Grande-Bretagne

Davies (Morley)
Geikie (sir)
Harmer

Pays-Bas

Abendanon
Doornik
Molengraff

Allemagne

Gripp-Morand (M^{lle})
Le Conte (André)
Schlumberger

Tchécoslovaquie

Androusof
Inst. géol. Univ. Masayk
Ketner
Matouchek
Pocta
Woldrich

Yougoslavie

Mus. géol. Agram.
Petkowitz
Salopek
Zujovic

Grèce

Ktenas
Négris
Skouphos

Finlande

Ramsay (W.)

Pologne

Bogdanowitch
Cizancourt (de)
Goblot
Inst. géol. Cracovie
Kuzniar (W.)
Lewinski
Wójcik.

Roumanie

Inst. géol. Cluj
Johnson (H. E.)
Makcovei
Mrazec
Murgoci
Racovitza
Stefanescu (Sabba)
Voitesti (J. P.)

Russie

Ilovaïsky
Jérémine (M^{me})
Karakasch
Pavlow (A.-W.)
Pavlow (A.-P.)
Vischniakoff

Géorgie et Caucase

Babet
Soc. pétroles Daghestan

Egypte

Ball (J.)
Jondet
Pachundaki
Sadek

Canada

Ami (H.-M.)

Etats-Unis

Berry (E. W.)
Branner
Carnegie Mus.
Dale
Darton
Elvers
Goldman
Harris (G. D.)
Hawxhurst
Hendon
Hodson
Kelly (F. S.)
Libbey
Liddle
Ollson
Ritter
Sinclair
Smith (E. R.)

Taber (S.)
Van Winkle (miss)
Winton (W.-M.)

Cuba

Roig

Mexique

Adkins (W.-S.)
Aguilar Santillan
Burckhart

Brésil

Betim Paes Leme

Branner
Sena (da Costa)

Rép. Argentine

Doello-Jurado
Stévenin

Pérou

Bravo
Lisson

Chili

Lataste

Afghanistan

Furon

Birmanie

Nassé

Chine

Bouillard

Indes Anglaises

Chowdhry

N^{lle} Galles du Sud

Wralhall

Membres de la Société décédés en 1922.

* Membres à vie.

MM.

* CAPPELINI (G.).

CROISIERS DE LACVIVIERS.

FERRONNIÈRE (G.).

GOURGUECHON.

HARLÉ (Ed.).

JOUSSEAUME (Dr).

MM.

* JULLIEN (H.).

LANDERER (J.-J.).

LATINIS (L.).

* LEENHARDT (Franz).

* LONQUETY (M.).

VIALAY (Alfred).

PRINCIPALES ABRÉVIATIONS

Adj.....	Adjoint.
Agr.....	Agrégé.
Anc.....	Ancien
Arts et Man.....	Arts et manufactures.
Ch. de fer.....	Chemin de fer.
Coll. serv. carte géol....	Collaborateur au service de la carte géologique.
Dr en méd.....	Docteur en médecine
Dr ès sc.....	Docteur ès sciences.
Ec.....	Ecole.
Fac. des Let.....	Faculté des lettres.
Fac. des Sc.....	Faculté des Sciences.
Gén.....	Général.
Géogr. Phys.....	Géographie physique.
Géol.....	Géologie.
hon.....	honoraire.
Ing.....	Ingénieur.
Insp.....	Inspecteur.
Inst.....	Institut.
Lab.....	Laboratoire.
Lic. ès sc.....	Licencié ès sciences.
Lic. en dr.....	Licencié en droit.
Min.....	Minéralogie.
Museum nat. d'H. N....	Museum national d'Histoire Naturelle.
Pal.....	Paléontologie.
P. et Ch.....	Ponts et chaussés.
Univ.....	Université.

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

NOTES ET MÉMOIRES

1923

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

LE PROBLÈME DE L'ÎLE DE MINORQUE

PAR **Paul Fallot** ¹.

PLANCHES I à IV.

Suess admettait que la chaîne subbétique se termine en extrémité libre par les îles d'Ibiza et de Majorque, alors que Minorque, bien que située seulement à 46 km. à l'E de la Grande Baléare, et sur le prolongement apparent de ses accidents, constitue un élément tectonique étranger aux Alpides, non affecté par les plissements miocènes.

Les récents travaux de MM. Darder et Gomez Lluca ¹ ainsi que les miens ² ont confirmé ces vues en ce qui concerne Ibiza et Majorque. Mais bien des points restaient encore incertains quant à Minorque où aucune étude d'ensemble n'avait plus été entreprise depuis les recherches d'Hermite et de Nolan.

J'ai profité de la récente publication de la carte espagnole de l'État-Major à 1/100 000 de cette île ³ pour aborder par des levés géologiques précis l'examen de la structure de la dernière Baléare.

C'est le résultat de cette campagne que j'expose ici.

Avant d'en entreprendre le compte rendu, je crois utile de résumer les grands traits de la géologie du reste de l'archipel Baléare afin de préciser les termes du problème géologique que pose la constitution de l'île Minorque.

Les Îles d'Ibiza et de Majorque sont constituées par des écailles ou peut-être de véritables séries charriées poussées du SE au NW, à une date encore indéterminée, mais en tout cas postérieure au Burdigalien.

Ibiza comporte deux séries superposées reposant sur une troisième peut-être autochtone. Le décollement s'est fait selon le Trias moyen ou supérieur, et les écailles comportent outre ces terrains, transgressifs, mais apparemment concordants sur eux, le Rauracien, le

1. Cette note présentée à la séance de la Société géologique de France du 18 décembre 1922 a été rédigée au Laboratoire de Géologie de l'Université de Grenoble, et je tiens à remercier très vivement M. Kilian, pour l'intérêt qu'il a témoigné à ce travail en en discutant avec moi les conclusions.

Je suis heureux d'exprimer aussi ma gratitude à M. Moysi, Agent Consulaire de France à Mahon et à M. Flaquer, notaire à Alayor qui par leur aimable intervention facilitèrent grandement mes recherches dans l'île de Minorque.

2. Voir la liste des publications de ces géologues dans l'ouvrage P. FALLOT. Etude géologique de la Sierra de Majorque, Paris, Béranger, 1922.

3. *Mapa Militar de España* a la escala del 1/100 000. Hojas números 196, 197, 216 et 217.

Jurassique supérieur, le Crétacé du Valanginien au Gault supérieur, puis, en discordance, le Miocène inférieur.

Plus les écaillés sont d'origine méridionale, plus le faciès du Tithonique et du Crétacé qui les constituent est bathyal. Les dislocations tectoniques principales ont eu lieu après le Miocène inférieur et vraisemblablement avant le dépôt des couches à *Pithocerithium* de Portinaitx, lesquelles sont soit helvétiques, soit plus probablement tortoniennes.

Majorque, dont les dimensions beaucoup plus grandes atteignent environ 90 km. de long et 65 de large est plus complexe. Une chaîne la borde au NW sur toute sa longueur et sur 15 à 20 km. de large. Elle culmine à 1445 m. La région méridionale est occupée par une succession de petites montagnes constituant la Sierra de Levante et le Massif d'Artá, dont les altitudes moyennes dépassent rarement 500 m.

Entre ces deux zones montagneuses s'étend une large région formée de terrains miocènes très peu plissés, en partie recouverts d'alluvions quaternaires. Seuls les petits massifs isolés de Randa et de Petra accidentent cette dépression.

La chaîne septentrionale est constituée par trois séries tectoniques qui se chevauchent de 10 à 15 km. dans la partie SW de la chaîne et qui se fragmentent en imbrications plus serrées et plus redressées vers son extrémité NE. La Sierra de Levante, bien étudiée par M. Darder, montre une ou plusieurs nappes charriées dont l'extrémité Est, comme dans la Sierra principale, se resserre en imbrications. Sauf la série inférieure de la Sierra de Majorque, peut-être autochtone, où affleure le Werfénien, toutes les unités tectoniques de Majorque commencent à leur base par le Trias moyen et supérieur. Le Jurassique est composé dans la Sierra principale par le Lias, le Bajocien-Bathonien, le Tithonique ; dans la Sierra de Levante la présence du Lias est douteuse, à moins qu'avec M. Darder on n'attribue au Jurassique une partie des dolomies craquelées analogues à celles du Trias de la Sierra principale et de Minorque. Le Bajocien-Bathonien existe vers Manacor et Artá. Le Tithonique est représenté presque partout ainsi que le Néocomien inférieur, mais alors que le Crétacé est complet sous son faciès bathyal, du Valanginien au Gault, dans la Sierra septentrionale, M. Darder admet qu'il ne comporte dans la Sierra de Levante que le Néocomien inférieur. En revanche le Sénonien existe uniquement vers Artá.

Le Nummulitique moyen n'est connu que dans le Sud de l'île sous son faciès marin. Le Sannoisien supérieur marin transgressif s'étend au contraire jusqu'à la Sierra principale où il recouvre l'Oligocène inférieur lacustre. Le Burdigalien est le dernier terrain qui soit caractérisé par des fossiles parmi les sédiments antérieurs aux dislocations tectoniques, mais, comme à Ibiza, il est encore impossible d'affirmer l'âge exact de ces dislocations qui seraient soit anté-helvétiques, soit post-helvétiques et anté-tortoniennes.

Le fait important est qu'elles se placent en tout cas après le Burdigalien et que, si prudemment que l'on évalue le déplacement tangentiel des terrains disloqués, on est forcé d'admettre que ceux qui constituent la partie la plus méridionale et la plus élevée, tectoniquement parlant, du dispositif ont subi un déplacement minimum du SE au NW de 70 à 80 km. Or, en face de la tranche de ces écailles ou de ces chevauchements, à une distance variant de 46 à 60 kilomètres, Minorque étale un Burdigalien horizontal, transgressif sur des accidents d'orientation différente, qui n'apparaissent que dans la moitié N de l'île.

En dépit des observations de l'excellent géologue que fut Hermite et des constatations faites par Nolan, Tornquist et Hoernes, on était en droit de prévoir que, soit par des dislocations ayant échappé aux anciens stratigraphes, soit par de nouvelles données stratigraphiques, un géologue attentif à cette apparente incohérence trouverait l'explication d'un pareil dispositif.

Je vais montrer que les observations d'Hermite étaient excellentement faites et que l'étude de Minorque n'apporte que quelques précisions de détail qui soient nouvelles. Si je ne puis par des arguments négatifs donner la solution du problème au moins est-il possible dès maintenant, d'écarter les interprétations que la seule vue des cartes suggérerait facilement et qui feraient intervenir des phénomènes de charriage post-burdigaliens de grande amplitude.

L'île de Minorque a la forme d'un grain de haricot ; allongée du SE au NW, elle mesure 47 kilomètres du Cabo Menorca à l'extrémité de la Mola, à l'Est de Mahon. La partie concave de la côte s'ouvre au SW. La courbe en est peu accentuée et bordée de hautes falaises taillée dans le Miocène. La convexité des contours est orientée au NNE. Elle s'accidente de très nombreuses baies, de caps allongés, et de « Calas » du type connu sur toutes les côtes à Riàz.

Orographiquement, l'île se partage à première vue en deux régions, à peu près selon son grand diamètre. Au SE, c'est une vaste surface de terrains miocènes, plane, un peu surélevée, inclinée doucement vers la mer, entamée par de profonds ravins creusés en cañon. Au NE, c'est un pays extrêmement accidenté, formé d'une multitude de petites collines arrondies, plus rarement escarpées, dont l'altitude ne dépasse guère 200 mètres : topographie ancienne, adoucie, sculptée en majeure partie dans le Dévonien et le Trias, ne présentant de lignes heurtées que dans les rares endroits où les calcaires secondaires ont été conservés. Cette zone septentrionale se divise à son tour en trois parties ; au SE et jusqu'au tiers de l'île, région de collines dévoniennes et de grès verféniens, puis de dolomies triasiques ; au centre de l'E de Mercadal à l'W de Ferrerías, région plus accidentée où s'élèvent les plus hauts sommets, Monte Toro de 330 m., Inclusa de 270 m. Santa Agueda. Enfin une région com-

portant de moindres dénivellations, mais avec quelques escarpements de Trias termine la bande de terrains anté-tertiaires vers Cala Morell, 8 km. au NE de Ciudadela.

Vue d'un point élevé comme le Monte Toro, toute cette topographie de terrains relativement anciens se montre recouverte par le Miocène comme par un emplâtre. Non seulement les couches primaires ou secondaires, mais le modelé même du sol disparaissent sous lui.

J'étudierai successivement la stratigraphie et la tectonique de la zone septentrionale, puis les couches miocènes transgressives. Il importe d'ailleurs de noter de suite que ni les méticuleuses recherches de Nolan, ni mes propres investigations n'ont fait découvrir des terrains ou des niveaux qui aient échappé à la sagacité d'Hermite. La carte sans nivellement qu'il a donnée comporte tous les détails qui sont compatibles avec son échelle (1/200 000); et les seules observations inédites que comporte ma carte sont des détails de contours et une ligne de contact anormal que l'on ne pouvait figurer avant d'être en possession d'une bonne base topographique.

I. — Esquisse de la partie septentrionale de l'île de Minorque.

I. STRATIGRAPHIE DES TERRAINS ANTÉ-TERTIAIRES.

Dévonien.

Ce terrain, le plus ancien de l'île et de tout l'archipel y fut défini et étudié pour la première fois par Hermite. Son existence avait été pressentie par Marès et Rodriguez. Il occupe trois zones, la première, orientée NS, au N de Mahon, la seconde ayant grossièrement la même disposition dans la région de Mercadal et du Montenegro au milieu de l'île, la troisième, beaucoup plus réduite, au SE de Font Santa.

Vers Mahon, il est surtout formé de schistes ardoisiers.

Pour le détail des descriptions, je renvoie à l'étude stratigraphique qu'en a faite Hermite. Les nombreux replis qui affectent ces terrains en majeure partie schisteux ou schisto-gréseux, le fait qu'ils sont en général dépourvus de fossiles n'ont permis à cet auteur — et ne permettent encore — que de distinguer les grands ensembles : couches à plantes à la base, niveau marin d'affleurements très localisés au milieu (région de Santa Rita) caractérisé par une faune du Dévonien moyen, puis nouvel ensemble de couches à plantes dans les replis duquel apparaissent vers Benisuets (au N du km. 32 de la route de Ciudadela) des calcaires à sections de Céphalopodes

dont l'âge dévonien supérieur ou carbonifère n'a pu être établi.

En aucun point il n'est possible de relever une coupe complète du Primaire de Minorque, et ni Nolan qui s'est toujours montré un collectionneur si attentif, ni moi, n'avons trouvé de gisements nouveaux. Je vais montrer par contre que l'hypothèse d'après laquelle le Dévonien inférieur et supérieur serait formé de dépôts continentaux ou de rivage avec plantes ne doit pas être admise sans réserves.

Les porphyrites andésitiques de Ferragut correspondent bien à des venues dévoniennes ainsi que le montrent les blocs de cette roche inclus dans le Dévonien de la Cala Ferragut (v. FALLOT, Sierra de Majorque, p. 481).

Trias.

Le Werfénien repose, transgressif, sur le Dévonien plissé. Il est constitué, à sa base, de conglomérats violacés à galets de quartz et de Dévonien, puis de grès rouges passant à des argiles gréseuses rouge sombre, puis, enfin, par de très puissantes assises de grès rouges en gros bancs qui à la Inclusa, à Santa Agueda ou au Peñal de Antecristo atteignent à eux seuls 500 mètres d'épaisseur.

Ce Werfénien occupe de vastes surfaces entre l'affleurement dévonien du N de Mahon et celui du centre de l'île, mais faiblement plié en synclinal, il est recouvert largement au N et de part et d'autre d'Alayor, par le Trias moyen et supérieur. Nous pourrions donc étudier en un seul ensemble le Trias inférieur qui s'étend du NW de Mahon à la Cala Addaya et celui qui, de l'autre côté du synclinal, forme une bande du Sud de Mercadal au golfe de Fornells.

Un autre affleurement de Werfénien, simplement crevé en son milieu par un bombement de terrains primaires, s'étend obliquement de Ferrerias au massif du Peñal de Antecristo. Si, sur sa bordure W il supporte bien la série du Trias moyen et supérieur et du Lias, correspondant à un dernier synclinal disparaissant sous la couverture miocène, il est chevauché à son bord NE par du Dévonien de Mercadal.

De toutes parts ce Werfénien présente les mêmes caractéristiques et en beaucoup d'endroits on y trouve des débris de plantes indéterminables. Quelques fragments de tiges avaient été reconnus dès 1879 par Hermite pour appartenir à l'*Equisetum arenaceum* BRONN. La collection Nolan en comporte d'autres exemplaires.

Le Trias moyen et supérieur avait été, comme à Majorque, beaucoup moins bien étudié par Hermite. C'est Tornquist qui a mentionné le premier la distinction que l'on peut faire entre le Trias moyen à pistes, à faciès extra-alpin mais à faune de Céphalopodes spéciaux et le Trias supérieur formé de dolomies bréchoïdes et de marnes sombres.

Pour mon compte, j'ai relevé en divers endroits des coupes qui se ramènent facilement à un schéma commun.

Vers Casa Morell deux collines jumelles montrent le contact du Trias moyen et du Trias inférieur (fig. 1).

3. Werfénien. — Grès rouges et marnes gréseuses.
4. Dolomies brunes à grain grossier..... 1 m. 50
5. Calcaire marneux feuilleté et plissoté..... 1 m.
6. Calcaires bleus massifs à surface ondulée avec Fucoïdes, en bancs de 0 m. 30 à 0 m. 50. Rares Daonelles à la surface de certains bancs..... 3-4 m.
7. Marno-calcaires brunâtres terreux à abondantes *Daonella Franconica* TORNQ..... 1 m.
8. Calcaires massifs en gros bancs..... ?

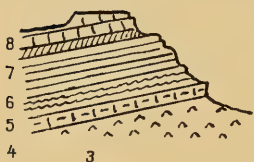


FIG. 1. CONTACT DU WERFÉNIEN ET DU MUSCHELKALK PRÈS DE CASA MORELL.

Une coupe plus complète du Trias peut être relevée perpendiculairement au ravin que suit le chemin creux de la Cova à Binixems. Sur les couches werfénienues de l'arête du Puig Menor, pendant au SW, on observe, notamment au versant NE du vallon de Huerta de Punta Roig, le Trias à pistes et à Daonelles.

La coupe est la suivante (fig. 2).

1. Grès marneux tendres, rouges, du Werfénien.
2. Grès durs, clairs, werfénienus..... 50-60 m.
3. Grès tendres, rouge sombre, werfénienus..... 10 m.
- 3'. Grès durs, roses, analogues aux grès des Vosges. 30 m.
4. Dolomies brunes..... 0 m. 40
5. Calcaires bleus, en dalles, rares à pistes..... 6 m.
6. Calcaires bleus en dalles à Fucoïdes fins et serrés avec rares Daonelles..... 5 m.
7. Calcaires marneux, brunâtres, terreux, en plaquettes à *Daonella Franconica* TORNQ..... 5 m.
- 7'. Calcaires en plaquettes à microfaune de Térébratules..... 0 m. 10
8. Calcaires à pistes..... 5-6 m.
9. Dolomie craquelée..... 30-40 m.
10. Calcaires dolomitiques douteux, sans doute du Keuper.

Si l'on suit vers le NW les bandes 4, 5, 6 on constate que des masses épaisses de dolomies brunes en envahissent les bancs.

La vallée de la Huerta de Punta Roig montre ce passage, et, dans sa partie aval, la masse des dolomies craquelées qui repose sur le Muschelkak.

Dans la majeure partie des coupes, on note immédiatement au-dessus des couches à Daonelles, les calcaires en plaquettes avec une faunule de minuscules Térébratules et bivalves.

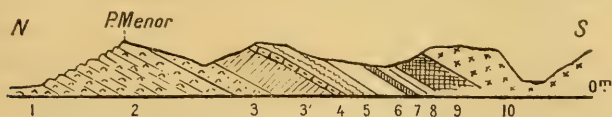


FIG. 2. COUPE D'ENSEMBLE DU TRIAS DU PUIG MENOR.

Il est possible de relever une coupe encore plus détaillée dans le Massif du Monte Toro, c'est-à-dire dans la partie W du dispositif synclinal, en descendant du sommet coté 250 au S de Sa Roca, à l'E du Monte Toro. Comme dans les coupes précédentes, je donne aux mêmes couches les mêmes numéros.

3. Grès werféniens.	
4. Dolomie brune.....	0 m. 80
5-6. Calcaires massifs lités.....	6 m.
7. Couche à microfaune de Térébratules.....	0 m. 50
8. Calcaires à pistes.....	2 m.
a. Calcaires bleus massifs à bandes jaunes.....	10 m.
b. Calcaires en plaquettes à surface ondulée.....	4 m.
c. Calcaires lités à rares Fucoïdes.....	2 m.
d. Dolomie brune.....	1 m. 50
e. Calcaires lités, fausse brèche à rares Fucoïdes.	2 m.
f. Calcaires lités bleus.....	2 m.
g. Calcaires lités bleus à patine jaune et à Fucoïdes bleus.....	1 m. 50
h. Dolomie brune envahissant en partie l'assise g.	4 m.
i. Calcaires bleus en plaquettes, ondulés.....	2 m.
10. Calcaires dolomitiques douteux (Trias, Lias)..	

Un peu plus au S, un promontoire s'étend de la base de cette montagne vers Son Masia et Santa Eularia. C'est dans la partie inférieure des couches de la coupe précédente, qui seule constitue cet éperon, que j'ai trouvé une couche à Céphalopodes indéterminables.

La coupe en est :

3. Werfénien.	
4. Dolomie cachou.....	0 m. 80
5-6. Calcaires lités en bancs de 0 m. 20-0 m. 30, passant vers le haut à des bancs finement lités.....	10-15 m.
7. Couche à microfaune.....	1 m.
8. Calcaires à rares Fucoïdes.....	2 m.
α. Dolomie brune.....	1 m.
β. Calcaire partiellement envahi par la dolomie brune.....	1 m. 50
γ. Calcaires lités.....	1 m.
δ. Calcaires lités à patine jaune, à pistes bleuées avec sections de Céphalopodes.....	1 m.
ε. Calcaires lités subnoduleux.....	10 à ?

La baie de Fornells comporte sur sa côte E des formations du Trias moyen et sans doute supérieur qui reposent sur le Werfénien à l'E de l'Escull Cap Mari et vers Albufera.

L'île Sargantana montre la coupe suivante :

3. Werfénien.	{ Grès rouges.	
	{ Marnes rouges.....	0 m. 50
	{ Marnes jaunes.....	0 m. 60
4. Dolomie cachou.....		0 m. 80
5-6. {	Calcaires lités en gros bancs.....	2 m. 50
	Calcaires à Fucoïdes.....	1 m. 50
	Marno-calcaires terreux à sections de Gastropodes.....	0 m. 50
7. Calcaires en plaques dont la surface est couverte de minuscules Brachiopodes.....		0 m. 50

Cette couche à microfaune montre que nous devons être ici juste à la partie supérieure du niveau à Daonelles.

Enfin la côte E de la baie est formée de dolomies douteuses.

Nolan a recueilli dans les couches 5-6 :

Trachyceras sp., *Terquemia spondyloides* TATE, *Myophoria Goldfussi* ALBERTI, *Natica* sp.

C'est d'autre part dans les falaises voisines de Covas Veyas qu'Hermite a recueilli les Ammonites qui furent étudiées par Mojsisovics et parmi lesquelles, outre *Protrachyceras Villanovæ* DE VERN., *Protrachyceras Curioni* MOJS., le savant autrichien a reconnu plusieurs espèces nouvelles appartenant aux genres *Protrachyceras* et *Arpadites*, actuellement conservées dans la collection du Laboratoire de géologie de la Sorbonne.

Vers Binixems, j'ai recueilli une Ammonite assez voisine de *Ceratites occidentalis* TORNQ. du Muschelkalk de la gare d'Olesa.

Enfin la collection Nolan renferme un *Trachyceras hispanicum* Mojs. provenant de Son Puig.

On retrouve une coupe du Trias, analogue, dans la falaise calcaire qui domine à l'W la dépression de la Almudaina et de Binicano. Mais ici, le Trias inférieur si puissant dans la montagne de la Inclusa semble réduit à 20 ou 30 mètres de grès marneux rouges reposant sur le Dévonien du bombement de Binisuets.

Le Trias moyen pendant à l'W repose sur ce Werfénien et supporte à son tour les calcaires dolomitiques du Keuper.

La route royale coupe ce Trias vers le km. 34,5 et les calcaires lités à pistes affleurent dans une sorte de carrière située près du premier coude de la route, d'où l'on extrait des cailloux pour l'empierrement. On y retrouve le niveau à sections de Céphalopodes, mais je n'ai pu en extraire aucun. Il est probable que de minutieuses recherches dans la bande de Muschelkalk entre ce point et la Almudaina fourniraient quelques Ammonites.

Les coupes mentionnées ici confirment les observations de Tornquist. Le Trias débute par un Werfénien puissant détritique, à débris d'*Equisetum*. Je ne crois pas qu'il convienne d'en attribuer une partie au Permien comme M. De Launay semble le suggérer (Traité de Métallogénie, t. II, p. 766).

Le Trias moyen est caractérisé par une transgression marine accompagnée du dépôt de sédiments à faciès extra-alpin mais avec une faune spéciale où, avec *Daonella Franco-nica* TORNQ. se rencontrent les Céphalopodes mentionnés depuis longtemps dans la basse vallée de l'Ebre comme à Minorque.

Mais on observera que dans les coupes données ici, seules les assises du Muschelkalk numérotées de 4 à 9 sont caractérisées par des fossiles.

Tornquist a admis en se basant uniquement sur le faciès, que les dolomies ou calcaires dolomitiques 10 qui surmontent ces assises étaient l'équivalent de la *Hauptdolomit* des Allemands.

Il en donne pour preuve la coupe du Monte Toro, prise sur le versant W de cette montagne. Je la reproduis en donnant aux ensembles de couches les numéros correspondant à mes autres profils.

Sur le grès werfénien (3) de la mine reposent 15 m. de marnes rouges (3), puis :

4. Dolomies brunes non mentionnées par Tornquist. 0 m. 80

- | | | |
|------|--|--|
| 5. | <div style="display: inline-block; vertical-align: middle;"> <div style="font-size: 3em; vertical-align: middle; line-height: 1;">{</div> <div style="display: inline-block; vertical-align: middle;"> Calcaires gris du Muschelkalk.....
 Calcaires massifs.....
 Calcaires marneux en plaquettes.....
 Calcaires gris en gros bancs..... </div> </div> | <div style="display: inline-block; vertical-align: middle;"> 6 m.

20 m. </div> |
| | à <i>Cœlostylina gregarea</i> SCHLOTH.
<i>Myophoria orbicularis</i> GOLDF.
<i>Phænodesmia</i> sp. | |
| 6-7. | Complexe de marnes calcaires feuilletées analogues aux Tonplatten d'Allemagne. Les bancs durs de cet ensemble sont plus cristallins qu'en Allemagne. Cet horizon seul est riche en <i>Daonella Franconica</i> TORNQ. Ce niveau serait équivalent aux Nodosenkalk..... | 20 m. |
| 8-9. | Calcaires bleu clair du Muschelkak supérieur, à parties dolomitisées et à Fucoïdes..... | 20 m. |
| 10. | Dolomies dures correspondant à la limite du Muschelkak et du Keuper, et passant aux cargneules..... | 40 m. |
| 11. | Marnes grises et rouges du Keuper..... | 40 m. |
| 12. | La limite supérieure de ces marnes d'ailleurs étroitement localisées, est difficile à distinguer au pied des abrupts de la partie supérieure du Monte Toro, ces derniers sont constitués par des dolomies bréchoïdes sur..... | 90 m. |

Ces dolomies plus cristallines que celles des Hauptdolomit du Trias alpin ressemblent beaucoup à celles de Sardaigne et leur sont équivalentes au dire de Tornquist.

Cette interprétation peut être considérée comme exacte quant au Muschelkalk et comme probablement exacte quant au Trias supérieur. Mais pour ce dernier on en est réduit aux suppositions, vu l'absence de fossiles.

En tout cas, elle coïnciderait avec l'interprétation que j'avais faite des dolomies de Majorque, et en particulier de la Sierra de Levante. Ces dernières ressemblent énormément à celles de Minorque.

La plus grande partie de la zone dolomitique d'Alayor, le substratum du Néocomien de Pontinat, le Cabo Caballeria et la bande de calcaires dolomitiques entre Santa Bàrbare et Cala Morell doivent, dans ce cas, être rattachés au Trias supérieur.

Jurassique.

Dès 1879, Hermite avait signalé la présence du Lias à Minorque et mentionné des couches grisâtres dolomitiques stériles au N d'Alayor, au milieu desquelles il avait découvert

un niveau à *Rhynchonella meridionalis* et *Terebratula Mariæ* vers El Coig. Nolan ne semble pas avoir reconnu d'autres gisements fossilifères. Pour mon compte, j'ai trouvé en 1911, au pied de la tour du Cabo Fornells, un banc marno-calcaire pétri de Brachiopodes liasiques.

L'île de Minorque comporte deux zones — que l'on peut à peine nommer synclinales — constituées ainsi qu'on vient de le voir par les dolomies bréchoïdes du Trias supérieur.

Hermite, jadis, attribuait toutes ces dolomies au Lias. Or le Jurassique inférieur n'y existe que vers le N de la zone dolomitique d'Alayor, autour de El Coig, et peut être sur Monte Toro.

Quant à la zone des calcaires dolomitiques de l'occident de Font Santa et Santa Bárbara, il faut en attribuer tous les sédiments présentement connus au Trias supérieur.

Le gisement de El Coig m'a échappé.

Au voisinage de la maison de ce nom s'élève la petite montagne de Albaida où les couches sont presque horizontales. On y observe, sur les dolomies bréchoïdes, qui affluent dans la tranchée de la route d'Alayor à El Coig, un km. à l'Ouest de cette dernière ferme, des bancs moins dolomitisés sur environ 30 m., puis 6 à 8 m. de bancs de calcaire massif clair sans fossiles dont à première vue on ferait du Jurassique, enfin des dolomies à grain fin litées, qui constituent le sommet de l'émittance.

C'est au pied E de ce sommet vers El Coig — écrit par lui, Alcoitx — qu'Hermite a recueilli *Z. Mariæ* et *Rhynchonella meridionalis*. M. Flaquer, notaire à Alayor, m'a donné très aimablement des exemplaires de ces Brachiopodes provenant de cette région.

Vu la position des couches dolomitiques et calcaires du P. Albaida, il est probable qu'une partie de ses assises devra être placée dans le Lias, mais aucune limite précise ne peut encore être fixée à ce terrain.

Au Monte Toro, on a vu que Tornquist admet que le Trias supérieur constitue tout le couronnement de la montagne. Là encore les fossiles font défaut, mais les niveaux bréchoïdes que passe la route à 300 m. de distance du Monastère sont composés d'éléments douteux, et en particulier de fragments si clairs et si massifs que l'on est en droit de se demander si ce n'est pas là une brèche jurassique ou même crétacée.

Quant au gisement de Fornells, je l'ai mentionné à titre de comparaison dans l'étude stratigraphique du Lias de la Sierra de Majorque. Il m'a fourni les formes suivantes :

<i>Rhynchonella Deffneri</i> OPPEL et var.	<i>Terebratula punctata</i> Sxw.
— <i>Rosenbuchi</i> HAAS	<i>Zeilleria subnumismalis</i> Sow. sp.
— <i>Delmensis</i> HAAS.	<i>Terebratula</i> sp.
— <i>cf. tetraedra</i> Sow. var.	

En résumé, le Jurassique n'occupe à Minorque que des espaces réduits. Il est formé par des calcaires massifs gris et sans doute encore, partiellement, par des dolomies, continuation, puis écho, du régime sédimentaire du Trias supérieur.

Le peu de surface de ses affleurements, le fait qu'on n'y peut reconnaître que des niveaux du Lias moyen et supérieur confirment les réserves que j'avais faites quant à l'extension verticale du Jurassique de Minorque. L'île est si exigüe que l'on ne peut guère faire état d'arguments négatifs, mais il semble pourtant que les niveaux moyen et supérieur du Jurassique ne s'y sont pas déposés. Ils ne s'y sont en tout cas pas conservés.

Crétacé.

Hermite avait découvert dans des délités marneux entre les bancs calcaires de l'E du Cap Pontinat des Ammonites pyriteuses néocomiennes. Sa carte porte indication de deux affleurements l'un au NW de s'Olla, l'autre dans la crique au S de la Punta Pontinat.

Depuis lors, Nolan découvrit dans ces parages un exemplaire de *Matheronia*¹, puis vers l'Albufereta, au milieu du promontoire, des Ammonites pyriteuses barrémiennes et aptiennes.

Sauf à son extrême pointe, où il constitue l'Atalaya de Fornells (123 m.), tout ce promontoire est presque au ras de l'eau. Son sol rocailleux est couvert de lande. Il faudrait de minutieuses recherches pour tracer exactement la limite des couches crétacées. D'après les points où je les ai reconnues, il semble qu'elles occupent la majeure partie de cet espace et ne laissent à découvert qu'une étroite frange de dolomies sombres du Keuper en bordure de la baie de Fornells.

A distance, l'Atalaya de Fornells laisse deviner que sur un socle de couches grises reposent des assises plus claires litées, horizontales. Les falaises verticales par lesquelles se termine ce cap montrent en effet des bancs calcaires clairs reposant sur des dolomies sombres craquelées. Un peu à l'E S E du sommet et vers la Punta Pontinat, ces calcaires sont chargés de Foraminifères et souvent oolitiques. Leurs bancs cessent, au S de

1, CR. Ac. Sc., 1895, t. CXVII, p. 821.

la pointe, d'être horizontaux et pendent de 30° au S. On y observe des couches plus marno-calcaires un peu rognonneuses, mais je n'y ai pas trouvé de fossiles bien que ce soit là un des points où Hermite en a signalés.

Hermite a distingué dans cette région deux niveaux. L'un à marno-calcaires comportant une faune barrémienne, l'autre où des marnes à fossiles pyriteux ne lui ont fourni que des Ammonites nouvelles d'âge douteux.

Nolan paraît avoir retrouvé ces horizons, car sa collection renferme avec la mention « Pontinat » des fossiles marno-calcaires et pyriteux analogues.

Réunissant la liste d'Hermite et les échantillons de Nolan déterminés par moi, on peut établir pour ce gisement de fossiles calcaires la liste suivante :

<i>Belemnites pistilliformis</i> D'ORB. (H)	<i>Arca n. sp.</i> (H)
<i>Belemnites sp.</i> (H)	<i>Terebratula sella</i> Sow. (N)
<i>Desmoceras difficile</i> D'ORB. sp. (H)	— <i>lemanensis</i> P. et Rx. (N)
<i>Pulchellia compressissima</i> D'ORB. (H)	<i>Glossothyris hippopus</i> ROEM. sp. (N)
<i>Ancyloceras pulcherrimus</i> ROEM. (H)	<i>Rhynchonella</i> gr. de Rh. Malbosi
<i>Toxoceras sp. (sic).</i> (H)	Pict (N) et (H)
<i>Pleurotomaria sp.</i> (H)	<i>Echinospatagus sp.</i> (H)
<i>Astarte sp.</i> (H)	

Quant au niveau pyriteux, Nolan l'a exploité sans doute car on retrouve dans sa collection, mêlés à d'autres Ammonites, les *Holcodiscus* spéciaux d'Hermite.

L'énumération de ces espèces, d'après les récoltes de ces deux géologues, donne la liste suivante :

<i>Phylloceras Guettardi</i> RASP. sp. (N)	<i>Holcodiscus sp.</i> (N)
<i>Holcodiscus Geronimæ</i> HERM. sp. (H)	<i>Hamulina sp.</i> (H)
(H. N)	<i>Toxoceras sp.</i> (H)
— <i>Cardonæ</i> HERM. sp. (H)	Gastropodes indét. (H)
— <i>diverse costatus</i> COQ. sp. (N)	<i>Glossothyris hippopus</i> ROEM. sp. (N)

C'est peut-être à ce niveau ou même à un horizon inférieur que se rattachent les couches crétacées et signalées par Hermite vers S'Olla, c'est-à-dire au SE du promontoire.

Je n'y ai observé que des bancs de calcaires un peu marneux et noduleux ainsi que des marnes en minces lits entre des calcaires compacts.

Vers le Nord, des bancs massifs à rares sections de Polypiers se superposent à ces couches, et représentent sans doute l'Urgonien.

La collection Nolan renferme, portant la mention « S'Olla » :

Belemnites sp., *Rhynchonella multiformis* ROEM. sp.

Personnellement, je n'y ai pas recueilli de fossiles.

Enfin Nolan a recueilli dans un gisement qu'il dénomme Es Sabó :

<i>Phylloceras cf. Guettardi</i> (jeune)	<i>Silesites sp.</i>
<i>Desmoceras strettostoma</i> UHL.	<i>Parahoplites Astarte</i> FALL. et TERM.
— <i>cf. difficile</i> D'ORB. sp.	

En résumé, les faunes mentionnées ci-dessus sont nettement barrémiennes hormis deux Rhynchonelles appartenant à des niveaux un peu inférieurs.

Par contre, entre l'Albufereta et la mer affleurent des bancs légèrement inclinés séparés par de minces délits marneux où Nolan et moi-même avons recueilli des espèces barrémiennes et aptiennes. Certains de ces bancs sont oolithiques, d'autres d'un calcaire plus marneux où apparaissent des traces de fossiles pyriteux d'extraction impossible. Lorsque l'érosion éolienne ou le ruissellement attaquent suffisamment cette roche, de mauvais organismes sont mis en liberté; on les recueille mêlés à d'innombrables rognons pyriteux dans l'argile provenant de la décomposition de la roche, ainsi que je l'ai personnellement constaté.

Ces fossiles, en majeure partie aptiens, ont une patine polie et sombre très caractéristique. Il en est d'autres dans la collection Nolan, plus limonitisés, qui proviennent peut-être d'un niveau de marnes affleurant dans une légère dépression à 800 m. à l'Est de l'Albufereta et qui appartiennent surtout à des formes déroulées communément barrémiennes. Comme les étiquettes de Nolan ne donnent aucun renseignement de détail, je groupe dans une seule liste tous les échantillons étiquetés « Albufereta ». Ils sont très petits et les déterminations qu'on en peut faire ne sont de ce fait qu'approchées.

<i>Nautilus sp.</i>	<i>Desmoceras cf. strettostoma</i> UHL.
<i>Lyloceras strangulatum</i> D'ORB. sp.	(jeunes).
— <i>oblique-strangulatum</i> KIL.	— <i>cf. difficile</i> D'ORB. sp.
— sp.	<i>Uhligella Monica</i> COQ. sp.
<i>Ptychoceras laeve</i> MATH. sp.	— <i>cf. Seguenzæ</i> COQ. sp.
<i>Phylloceras Thetys</i> D'ORB. sp.	— gr. <i>Boussaci</i> FALL. (jeunes)
— <i>cf. Thetys</i> D'ORB. sp.	<i>Puzosia</i> jeune <i>cf. Matheroni</i> HONN. sp.
— <i>Rouyanum</i> D'ORB. sp.	<i>Silesites seranonis</i> D'ORB. sp. var.
— <i>picturatum</i> D'ORB. sp.	<i>interpositus</i> COQ.
— <i>Paquieri</i> SAYN.	<i>Silesites sp.</i>
— <i>cf. Velledæ</i> MICH. sp.	<i>Holcodiscus Caillaudianus</i> D'ORB. sp.
— jeune gr. de <i>Ph. Guettardi</i>	— <i>Sophonisba</i> COQ. sp.
D'ORB. sp.	— <i>metamorphicus</i> COQ. sp.
— sp.	— <i>Henoni</i> COQ. sp.
<i>Desmoceras strettostoma</i> UHLIG.	<i>Pulchellia ouachensis</i> COQ. (SAYN).

<i>Pulchellia cf. ouachensis</i>	<i>Leptoceras Cirta</i> COQ.
— <i>Sauvageani</i> HERM. sp.	— <i>ouachensis</i> COQ.
— <i>Heintzi</i> COQ. (SAYN).	— <i>parvulum</i> UHL.
— sp. (= <i>P. Gildon</i> HEINTZ non COQ.).	— sp.
— sp.	<i>Ancyloceras cf. scalare</i> v. KOENEN
<i>Acanthoplites crassicostatus</i> D'ORB.	<i>Hamulina Munieri</i> NICKL.
sp.	— n. sp.
<i>Parahoplites</i> gr. <i>Weissi-consobrinus</i>	— sp.
— <i>Astarte</i> FALL. et TERM ¹ .	<i>Astarte</i> sp.
— cf. <i>Astarte</i> FALL. et TERM.	<i>Solarium papieri</i> COQ.
— <i>Soulieri</i> MATH. sp.	<i>Plicatula placunea</i> LK.
	<i>Pygaulus depressus</i> DEFR.

Quant aux fossiles des bancs zoogènes, on ne peut mentionner que la *Matheronia* signalée par Nolan et des sections de Polyptères. Ayant retrouvé l'exemplaire récolté jadis par mon prédécesseur, j'ai pu — sur les suggestions de M. Kilian à qui l'attribution spécifique faite par Nolan a paru douteuse — l'étudier à nouveau. Au lieu de la *Matheronia Arnaudi* MATH., cet échantillon me paraît plutôt appartenir à *Matheronia virginiae* A. GRAS sp. C'est une forme aptienne, qui se trouve dans nos pays à la partie supérieure de l'Urgonien.

En résumé, le Crétacé de Minorque comporte des assises dont la base, néocomienne, ne peut être rapportée qu'avec doute à l'Hauterivien. Le faciès devient rapidement zoogène, mais entre les bancs calcaires s'intercalent des niveaux à Céphalopodes d'âge barrémien, puis aptien. On ne peut savoir dans quelles couches fut recueilli le Rudiste trouvé par Nolan ; il ne semble en tout cas pas, vu le peu d'extension verticale du Crétacé de Pontinat, que des niveaux supérieurs à l'Aptien supérieur y soient conservés. Dans son ensemble, l'affleurement de Pontinat représente une région limite, où le faciès à Ammonites est étroitement rapproché du faciès littoral, et peut-être intercalé dans des formations où apparaissent des Pachyodontes, mais dont la roche elle-même est encore massive et ne contient que très peu de Foraminifères.

En dehors de cette région, le Crétacé n'a été reconnu nulle part encore à Minorque. J'ai dit plus haut qu'il se pourrait que les couches terminales du Monte Toro s'y rattachent, mais aucune preuve paléontologique ne peut être apportée à l'appui de cette hypothèse.

C'est le Crétacé de Pontinat qui termine la série stratigra-

1. Voir au sujet des espèces nouvelles : P. FALLOT et H. TERMIER. Ammonites nouvelles des Baléares. *Trab. Mus. nac. ciencias Nat. Madrid*, 30 fig., 6 planches (en cours d'impression).

phique anté-miocène de Minorque, ou, tout au moins, ce qui en est conservé. Aucun vestige de Crétacé supérieur ni de Nummulitique n'y est connu.

Des accidents tectoniques ont disloqué ces divers sédiments : les premiers, hercyniens, entre le Dévonien ou le Carbonifère et le Trias inférieur, les seconds sans doute après le Crétacé moyen et avant le Burdigalien.

Avant d'aborder l'étude des terrains tertiaires transgressifs il convient de faire la description régionale de la partie nord de l'île afin de définir si possible le sens et l'importance de ces mouvements.

Je décrirai successivement la bordure E de l'affleurement jurassique et triasique Alayor-Pontinat, cet affleurement lui-même, puis sa bordure W jusques et y compris le Dévonien en chevauchement sur le Trias de Ferrerías ; enfin la région triasique et dévonienne de Ferrerías-Font Santa et, en dernier lieu, la bordure néotriasique de ce district.

Description régionale de la partie nord de l'île de Minorque.

I. RÉGION SITUÉE A L'EST DE LA ZONE DOLOMITIQUE ALAYOR-PONTINAT.

Le Riaz de Mahon pénètre de 5 km. environ dans l'intérieur des terres, en direction ESE-WNW dans une ancienne dépression creusée par l'érosion fluviale selon le contact du Miocène et des terrains sous-jacents. Seuls quelques lambeaux de Burdigalien apparaissent soit au N de l'entrée de ce chenal, comme la montagne de La Mola, soit sous forme d'îlots alignés à peu près dans l'axe dudit chenal. Toute la rive N du Riaz et tout le fond de la vallée morte qui y aboutit, jusqu'au km. 3,5 de la route, est constitué par des terrains dévoniens. La bande de Primaire s'étend en formant la côte jusqu'à l'Est de Moncarre Nou et au Cabo Favaritx.

Hermite y avait déjà mentionné l'existence de schistes ardoisiers immédiatement au N de Mahon.

Plus à l'W, c'est-à-dire vers le massif de Milá (95 m.) le Dévonien est formé de grès grossiers roux et d'arkoses à pendage E ou SE. Ces terrains qui constituent une partie des sommets des collines reposent sur des schistes ardoisiers légèrement micacés sans fossiles mais à nombreuses pistes, sous lesquelles pointent par place des grès grossiers rougeâtres ou violacés. Ceux-ci bien que d'une teinte analogue diffèrent complètement de ceux

du Trias. Les pendages du Dévonien sont peu nets et variables dans leur détail ; l'ensemble des assises paraît incliné au SE. Des failles peut-être obliques doivent couper ces couches, mais je n'ai pu qu'en voir l'effet sans en découvrir la trace.

Ce régime de collines basses et irrégulières se poursuit jusqu'au Cabo Favaritx. Aux abords du « Riaz » d'Albufera, puis le long de la côte entre la Torre Rambla et le Cabo Mosena les terrains anciens sont plaqués de Marès et, vers Capifort, de grès quaternaires ou pliocènes plus durs dont il sera fait mention plus tard (v. p. 38).

Il n'y a pas de bonne coupe de ce Dévonien. Le ravin qui aboutit au S de la Cala Presili (S du Cap Favaritx) montre, environ 1 km. au SW des dunes qui en envahissent le bas, la coupe partielle suivante : au sommet grès grossiers roux reposant sur des schistes ardoisiers clairs à pistes, faisant suite à leur tour à des grès rouges sombres à intercalations de grès grossiers clairs.

Le Dévonien supportant localement une croûte de grès récents s'étend jusqu'à la crique au NW de la Punta Sibina. Le bord de la Cala Addaya est constitué par des grès werféniens supportant un peu de Muschelkalk à la maison de Mongofre Nou. Hermite avait trouvé dans le Trias moyen des débris de Céphalopodes. Je ne crois pas que le contact du Primaire et du Secondaire se fasse ici par une faille, ainsi qu'il l'estimait. Dans les collines qui s'élèvent au SE de la maison, le Trias inférieur est nettement transgressif sur le Dévonien. Au pied E de la colline de Mongofre le contact paraît être semblable. Les couches les plus élevées du Dévonien sont des grès fins, roux, micacés, à nombreuses plantes ; mais il est impossible de définir ces végétaux.

Le contact du Trias inférieur sur le Dévonien se fait à peu près selon le bord E de la vallée aboutissant à la Cala Addaya, mais le Werfézien pénètre plus avant dans le massif primaire dans la dépression que suit le chemin du Cabo Favaritx. En descendant de la cote 85 dans le vallon qui passe au NW de la « Casa » et de Capifort, on observe que le Trias repose sur le Dévonien par des conglomérats violacés à galets de Quartz, et qu'il présente des pendages très variables. D'autre part des grès fins pourprés semblent insérés dans les couches dévoniennes. Je crois qu'ils appartiennent plutôt au Primaire qu'au Trias, et que la question des contacts anormaux qu'impliquerait ce dispositif dans le second cas n'a pas à être envisagée.

Partout ailleurs, le long de la dépression que suit la route de Mahon, et jusqu'à la hauteur de la Albufera, le Werfézien est franchement transgressif sur le Dévonien plissé.

Contre le flanc W du contrefort occupé par Sa Torreta en aval d'un placage de grès récents, le Dévonien comporte des bancs calcaires clairs analogues à ceux de Santa Rita mais où je n'ai pu trouver de fossiles. Ils pendent au SE et leur affleurement est limité. Je les attribue au Dévonien moyen.

Vers Son Cardona, Biniarroga et Son Palafanguer, c'est-à-dire aux abords des km. 6 et 7 de la route royale de Mahon à Binifabini, le contact de ces deux terrains souffre quelques accidents.

Le Trias inférieur qui est normalement transgressif sur les plis du Dévonien aux abords de la route vers les km. 4 et 5 apparaît séparé du Dévonien vers Son Palafanguer par une faille oblique orientée NE-SW qui fait légèrement chevaucher le Primaire sur les Grès bigarrés. Le massif séparant Son Palafanguer de Biniarroga Nou est constitué par ce Dévonien dont le contact avec le Trias est masqué par les cultures entourant cette dernière estancia. Cette disposition anormale paraît tout à fait localisée ; je ne crois pas que des recherches détaillées puissent la faire interpréter comme un vrai chevauchement d'ensemble du Trias par le Dévonien.

La bande de Werfénien dont on vient de voir le contact avec le Primaire présente une largeur variable qui peut atteindre environ 3 km. à la hauteur de Bañols. On a vu p. 8 et fig. 2 comment elle supporte le Trias moyen et supérieur. Il convient de noter de suite que le Muschelkalk et le Keuper ne sont pas identifiables partout. Vers Santa Teresa, à l'endroit où l'ancienne route de Mahon à Ciudadela quitte la dépression cultivée pour gravir le coteau rocailleux dolomitique de la cote 100 (2500 m. au SE de Biniach), le Muschelkalk est très réduit et n'apparaît presque pas entre le Werfénien et les dolomies du Keuper. Vers Casa Morell par contre, puis vers Binixems, on a vu que le Muschelkalk était formé de calcaires à pistes assez puissants. Ces calcaires couvrent la ligne de hauteurs qui s'étend de Binifabini Vey à Santa Rosa et entourent la dépression formée de grès rouges où passe la route entre les km. 12 et 14.

La coupe du flanc SW de la vallée à hauteur de Son Tema est la suivante (fig. 3).

- | | | |
|------|---|---------|
| 3. | Grès rouges du Werfénien pendant de 20° au SW | |
| 4. | Dolomies brunes de la base du Muschelkalk | 0 m. 80 |
| | { Calcaires bleus massifs à pistes | 5 m. |
| 5-7. | { Calcaires en petits bancs à Daonelles | 1 m. |
| | { Marno-calcaires lités jaunâtres à rares Daonelles | 6 m. |
| | { Calcaires massifs bleus à sections d'Ammonites | |

Le Muschelkalk n'est pas complet. Dès Son Tema on retrouve le Werfénien.

A mi-hauteur du versant de la Cala Addaya, il convient de noter un placage de grès quaternaires durs (voir p. 38).

Le Trias moyen qui subsiste partiellement à la partie supérieure de l'arête Son Tema-Santa Rosa se trouve mieux conservé dans les collines qui séparent Addaya de Covas Veyas. Il y est complet et supporte des dolomies du Keuper vers Binifabini et jusqu'aux parois qui dominent le Molinet.

La dépression même qui s'étend de Covas Novas à Son Saura et à Albufera, creusée jusqu'au Werfénien, est bordée de part et d'autre par le Muschelkalk couronné des dolomies douteuses du Keuper. C'est précisément à Covas Veyas qu'Hermite découvrit la faune de *Protrachyceras* et *Arpadites* qui fut étudiée par Mojsisovics.

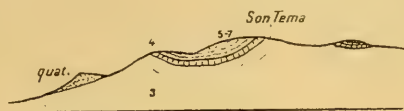


FIG. 3. — COUPE DU VERSANT SDE LA VALLÉE DU RIAZ D'ADDAYA. — Éch. 1/10 000.

Quant à la région montueuse et relativement boisée comprise entre la bordure de Muschelkalk que je viens de définir, le Monte Toro et le Miocène transgressif des abords d'Alayor, elle est presque complètement formée des dolomies que Tornquist rapporte aux « Hauptdolomit » des Alpes et de Sardaigne. Deux enclaves doivent toutefois y être distinguées : l'une vers S'Artigueta montre, dans une zone plus érodée, la réapparition du Muschelkalk ; l'autre est celle d'El Coig où on connaît depuis Hermite l'existence du Lias. Mais les contours de cette dernière demeurent encore incertains pour les raisons que j'ai données plus haut.

Au N de la dépression Covas Novas-Albufera, creusée ainsi qu'on vient de le voir dans le grès rouge, réapparaissent, dans des collines très surbaissées, les dolomies qui les recouvrent par l'intermédiaire du Muschelkalk. Le Trias supérieur forme ici toute la côte depuis Punta Nou Cous par la Punta Codolada jusqu'à la crique de S'Olla où apparaît le Crétacé. La dolomie bréchoïde du Keuper forme, de même, la zone de collines basses, boisées de pins et de lande, qui borne au N la zone werfénienne de Albufera de Mercadal et qui borde à l'W la partie du promontoire de Pontinat faisant face à Fornells.

Palomar paraît être encore sur le Trias. Mais je ne puis, ainsi que je l'ai déjà dit, préciser les limites du Trias et du Néocomien. Ce dernier terrain, tel qu'il est défini p. 14 constitue la presque totalité du Cap et repose, à l'Atalaya de Fornells, en gros bancs horizontaux sur les dolomies sombres craquelées.

En somme, abstraction faite pour l'entaille de l'érosion atteignant le Werfénien près de Covas Veyas, c'est une zone continue de Keuper qui constitue les collines du N d'Alayor, celles de Bella Vista et le substratum du Crétacé de Pontinat.

Les couches y sont gauchies. Dans leur ensemble, sur une carte, elles dessinent un synclinal axé NS. Mais ce terme peut à peine être employé tant cette zone est peu déprimée tectoniquement. La bande de terrains dévoniens par laquelle nous avons commencé cette description, celle du Werfénien qui lui fait suite à l'W, les formations du Trias inférieur que je vais décrire entre Alayor et Mercadal ne montrent que l'ébauche d'un pli très faible, à très grand rayon de courbure (voir Pl. II, coupe 2).

II. LA ZONE DU TRIAS ET DU DÉVONIEN D'ALAYOR A SON ERMITA.

L'Ouest de la zone doloïmitique est comme son autre versant serti de Muschelkalk, mais ce niveau entre le km. 15,5 de la route de Ciudadela et les abords de Son Alsina est difficile à distinguer.

Vers Sa Roca et aux flancs de la cote 250 il présente au contraire un assez grand développement. C'est là que j'ai pris la coupe mentionnée p. 9.

Les hauteurs de cette cote et du Monte Toro limitent au N une zone de 2 km. de large qui est occupée par le Werfénien, reposant à l'W de Binillovet, puis vers San Carlos, sur le Dévonien.

AuS, l'affleurement de grès rouges s'étend jusque vers Santa Pilar. Le chemin direct d'Alayor à San Cristobal le traverse, dans une partie où l'érosion l'ayant fortement entamé, les collines triasiques sont dominées par la falaise de Miocène, sciée elle-même de place en place par les cours d'eau qui, par de profonds barrancos, s'écoulent directement vers le rivage SW, vers la playa de Son Bou.

Le contact du Trias sur le Dévonien est partout ici un contact normal par transgression. Mais j'ai déjà rappelé après Tornquist que vers Son Carlos, la bande de Werfénien comprise entre le Muschelkalk du Toro et le Dévonien sur lequel elle repose est ici très étroite. Il est probable que la faible épaisseur apparente des grès rouges est due à une faille.

Ces derniers reprennent une extension considérable dès le N du Monte Toro. Ils supportent le Muschelkalk (fig. 4) que l'on peut suivre jusqu'à Covas Veyas et reposent très normalement sur le Dévonien de Mercadal. La route de ce village à Fornells coupe à diverses reprises la ligne de contact de ces terrains. Le Primaire constitue toute la région de collines qui s'étend sur 5 à 6 km. à l'W de la route. Vers le km. 4,5 le Marès forme quelques placages près du contact du Werfénien et du Dévonien. Les grès rouges, d'autre part, s'étendent assez largement vers Lluriach Nou et constituent le substratum des dunes et de l'étang du fond de la cala Tirant entre les caps de Fornells et Cavalleria. L'extension en surface du Werfénien diminue, enfin, aux abords du cap même de Fornells, dont la masse principale est dévonienne et la pointe liasique. La baie de Fornells correspond au passage de la bande des grès werfénien, et la série d'îlots et d'écueils qui la borde à l'E représente la zone plus résistante des calcaires du Trias moyen. C'est là que se trouve l'île Sargantana mentionnée dans la partie stratigraphique de cette note pour être formée du Muschelkalk (voir Pl. II, coupe 1).

Le Dévonien supportant les assises du Trias couvre une vaste surface de la base du Cabo Fornells au pied N de la Miloca de Binideufa et à Mercadal. Au S de ce village, son affleurement est plus étroit. Interrompu par un petit massif de Grès rouges qui s'étend entre les routes d'Alayor et de San Cristobal, de la caserne à Puigmalet, il atteint le bord E de la montagne de Font Redona, et contourne ce petit massif par le S et le SW.

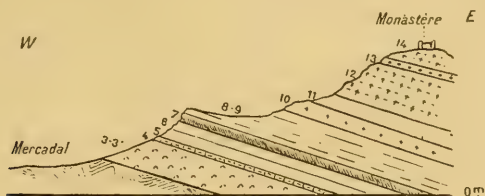


FIG. 4. — COUPE DU VERSANT W DU MONTE TORO.

Ech. 1/20 000. Les numéros correspondent aux divisions du Trias énumérées dans l'étude stratigraphique et les n^{os} supérieurs à : 13, brèche d'âge douteux ; 14, calcaire dolomitique peut-être liasique ou même crétacé, sans fossiles.

A son extrémité N, cette zone de terrains primaires s'ennoie et le Cap Cavalleria montre ses couches fortement plissées recouvertes par le Trias, continuation de celui, voisin, de Fornells.

Le Dévonien est formé ici, comme dans le reste de l'île, par des couches schisteuses, des grès micacés roux à plantes, des grauweekes. De plus, 3 km. à l' W de Mercadal, à la borne 24 de la grande route, affleurent, très redressés, les calcaires à Encrines et les calcaires à Polypiers, *Atrypa*, etc. du Dévonien moyen découverts par Hermite.

Ce niveau est très réduit, en épaisseur comme en étendue. Nous allons voir qu'il avoisine une ligne de contact anormal ; il semble se retrouver vers Montenegro et Binimallá.

Toute la zone dévonienne est modelée en collines et chaînons assez arides de 100 à 230 m. d'altitude. Vers Santa Creu et Santa Creueta, des grès rouges reposent sur les plis du Primaire. Celui-ci se relève en un massif formé de plusieurs sommets assez aigus, de 125 m. environ — celui de Binimallá — dont les contreforts septentrionaux forment le rivage entre la Cala Ferragut et la Cala Pregonda.

Entre la ferme de Ferragut Nou et le sommet, on observe des calcaires blancs lités, que, n'était leur position parfaitement concordante avec le Dévonien roux et leur ressemblance avec ceux de Santa Rita, l'on pourrait prendre pour du Jurassique. Ce niveau doit correspondre au Dévonien moyen.

On le retrouve juste derrière la ferme de Ferragut Nou. Un sommet y est constitué par une roche éruptive pincée comme une coulée entre les strates du Dévonien. Sous elle affleurent des schistes (3), des grès schisteux calcaires (2), puis sur la porphyrite (4) reposent des grès quartzeux blancs (5), des schistes et calcaires schisteux froissés (6), des calcaires clairs (7) et enfin des grès gris clairs (8) (fig. 5).

Le rivage permet de relever une coupe assez détaillée du Dévonien, mais ces couches ne contenant pas de fossiles, il est peu instructif de s'y attarder. De bas en haut, on note :

Alternance de grès oxydés et de schistes verdâtres....	30 m.
Grès quartzeux verts.....	20-30 m.
Une faille fait apparaître un calcaire charbonneux en lentilles.....	50 m.
Schistes lie de vin.....	3 m.
Grès vacuolaires gris roux dont la base contient des fragments de roches étrangères.....	40 m.
Une faille fait réapparaître les couches (2), grès quartziteux verts.....	5 m.

A leur partie supérieure apparaît la base des calcaires du niveau marin, ici sans fossiles, mais où, en remontant vers le Binamallá, on trouve des Polypiers.

De nouvelles cassures font réapparaître ensuite à plusieurs reprises les niveaux mentionnés ci-dessus. L'ensemble pend à l'E et diverses collines sont en partie formées par les affleurements des calcaires durs du niveau marin.

Tous ces terrains, frangés de Marès au bord de la mer, disparaissent sous des dunes dans les criques de Cala Pregonda et de Cala Ferragut. Dans cette dernière, la zone envahie par le sable est réduite à 3 ou 400 m., mais elle est beaucoup plus étendue et dépasse 1 km. vers Son Amatller, comme aussi à la Cala Tirant, où c'est, d'ailleurs, le Werfénien de la Almudaina qui forme le substratum des terrains rapportés.

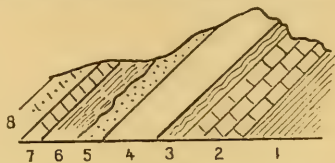


FIG. 5. — RAPPORTS DE LA PORPHYRITE (4) DE FERRAGUT NOU AVEC LES SÉDIMENTS DÉVONIENS.

Le Dévonien constitue toute la partie basale du Cap Caballera, et supporte en de nombreux points des placages de Marès et de grès durs semblables à ceux de Capifort. Ce n'est ensuite que sur une très étroite bande, au S de Santa Teresa, que reparait le Werfénien qui est bien loin de mesurer ici l'épaisseur qu'on est accoutumé de lui trouver dans cette île. Tout au plus mesure-t-il 100 m. Il supporte du Muschelkalk à Fucoïdes et enfin les dolomies du Keuper qui forment, au dire de Tornquist, tout le cap.

Cette assertion me paraît mériter une vérification. Les calcaires dolomitiques des abords du phare sont plus massifs, plus clairs, que ceux de la région d'Alayor. Ils ressemblent assez à ceux, douteux à la vérité, mais probablement liasiques, de l'Albaida.

Si les formations werfénienues sont peu développées auprès de Santa Teresa, elles acquièrent de nouveau une grande puissance dans le petit massif compris entre la Cala Pregonda et la Cala Caldéré. Partiellement plaqué de grès durs quaternaires, le Trias inférieur est ici très épais. Il repose sur le Dévonien, continuation de celui de Binimallá.

Ce Dévonien comporte les mêmes grès et schistes gris et roux avec des traces de plantes dans certains bancs; mais l'intérêt de son étude réside dans le contact anormal qui le fait chevaucher sur le Werfénien.

Il constitue la petite montagne de Son Ermita et repose sur les grès infra-triasiques de la Miloca de Binideufa. La ligne de contact passe à flanc de côteau entre Santa Isabel et Son Ermita (voir panorama, Pl. III, fig. 2). Localement, un placage de Grès

quaternaire la masque, mais on peut la suivre depuis l'aval de la vallée sur plus d'un kilomètre.

La maison de Binideufa est bâtie dans une dépression dont les eaux s'écoulent vers le NE, vers San Jordi, coupant le Dévonien. On retrouve à l'E de Santa Isabel la ligne de contact qui s'insère dans la vallée et la traverse pour contourner ensuite à mi-flanc la petite montagne qui domine à l'E Binideufa et fait face à Santa Agueda. On la reconnaît à distance à la couleur des terres et on la recoupe au col. La route de Binideufa à la dépression de San Juan et à Ferrerías y longe la ligne de chevauchement sur 200 m. Le chemin s'abaissant ensuite vers le fond de cette dépression, elle le domine en prenant en écharpe le versant S de la montagne, 2 à 300 m. en aval de Serra (Pl. IV, fig. 1).

La masse unique et continue du Werfénien qui étend ses grès rouges depuis le Peñal de Antecristo, la Miloca de Binideufa, Santa Agueda jusqu'à la Inclusa de Ferrerías et à Font Redona est donc chevauchée indubitablement sur ce premier tronçon par le Dévonien. Mais le contact anormal se poursuit toujours net, vers le SE. Il pénètre en V élargi dans la vallée de Son Rubi. Seul la pointe du V est masquée par des alluvions, mais sa branche S remonte obliquement au flanc W de l'éperon de Son Vives; dessine un rentrant dans le ravin séparant celui-ci de San Antonio, passe immédiatement au-dessus de cette dernière maison et coupe transversalement l'arête qui réunit orographiquement la chaîne de hauteurs dominant Terra Rocha et Santa Rita au massif triasique du S de San Agueda.

Une fois traversé ce chaînon, la ligne de chevauchement se poursuit avec quelques ondulations de détail mais selon une inclinaison d'ensemble vers l'E, au versant S de ce petit massif primaire, pour venir passer dans les champs au pied de Santa Rita et couper la grand'route au km. 24,6 environ.

Dans la partie de ce contact anormal qui avoisine San Pedro, on peut en observer les sinuosités et les rentrants dans les ravins avec une parfaite clarté. La route de voiture en particulier qui conduit de San Patricio à San Pedro pénètre dans un vallon de grès werféniens dont le bassin de réception est contourné par la ligne de chevauchement mise à nu par les travaux de réfection de cette voie. On relève dans les derniers lacets du chemin la coupe de la fig. 6.

A partir de la région de Santa Rita, au contraire, le contact du Dévonien et du Trias inférieur devient indistinct ou plutôt paraît être normal. On le suit dans des champs peu inclinés et, la roche en place n'affleurant pas, il devient difficile de prouver qu'il se fait par chevauchement.

Il en est de même au S de Mercadal. Le petit massif triasique compris entre les routes d'Alayor et de San Cristobal semble à la vérité chevauché par le Dévonien du pied du Monte Toro, mais ce n'est peut-être ici qu'une faille verticale. Le Trias inférieur repose en tout cas fort normalement sur le Dévonien à l'E et au S du km. 10 de la route de San Cristobal, ainsi qu'au N de Puigmalet. De même, au pied SE de Font Redona, les grès et des niveaux de conglomérats du Werfénien reposent sur le Dévonien qui supporte à peu de distance le Burdigalien transgressif. La ligne de contact demeure dans toute cette partie de son tracé assez incertaine.

Dès sa sortie des calcaires miocènes, la route directe de San Cristobal à Ferrerías passe sur le Dévonien. Mais à la borne 3,6 la tranchée montre indubitablement que ce Dévonien chevauche le Trias et le contact de ces deux terrains contournant des collines confirme l'hypothèse de l'existence et de l'étendue du chevauchement, dont la ligne vient disparaître sous le Burdigalien de la Mola au S de la route (Pl. III, fig. 3). Il importe de noter à ce sujet, dès maintenant, que le Miocène forme ici une falaise où apparaissent ses couches horizontales sur 25 ou 30 m. de hauteur et plusieurs kilomètres de long, et que ces dépôts scellent, sans être affectés de la plus petite cassure, la ligne de contact anormal selon laquelle le Dévonien chevauche le Werfénien.

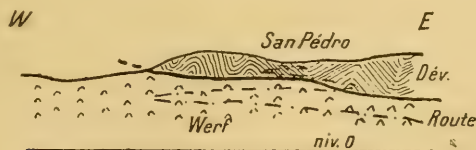


FIG. 6. — CHEVAUCHEMENT DU DÉVONIEN SUR LE WERFÉNIEN
A L'AVAL DE SAN PEDRO.

J'ai donné une coupe de la montagne de Santa Agueda dans l'*Étude géologique de la Sierra de Majorque* (p. 43, fig. 28) en faisant observer que, vu l'orientation du chevauchement du Dévonien sur le Trias, la poussée orogénique devait s'être faite selon une direction E-W.

L'étude plus complète de cette surface de contact anormal montre qu'elle n'est pas simplement inclinée à l'E mais qu'elle est complètement gauchie. Elle s'ennoie manifestement au N, puisque le Dévonien du massif de Son Ermita atteint la mer et que, immédiatement en arrière, ce Dévonien supporte du Trias de sa couverture normale (v. Pl. II, coupes 1 et 2).

Si, d'autre part, la surface de contact s'élève contre la partie E du bombement werfénien de Santa Agueda, elle s'abaisse à peine de 100 m. en direction W-E, entre l'aval de San Pedro et le pied de Santa Rita, c'est-à-dire sur plus de 2 500 m. (voir Pl. III, fig. 1).

Enfin, bien que la continuité de la ligne de chevauchement soit encore incertaine, il est probable que l'on devra considérer que le contact anormal du km. 3,6 de la route de San Cristobal à Ferrerías appartient au même accident, et que, par conséquent, la masse chevauchante a dû être affectée d'un vaste bombement passant par-dessus le massif Font Redona-Son Tirasech.

Il devient dès lors à peu près impossible de définir en fonction des seuls pendages observés le sens de la poussée qui produisit ce chevauchement et l'indication d'une poussée E-W que j'avais donnée devient très douteuse.

Mais il y a plus. Le Dévonien chevauche le Trias, mais non pas le Trias supérieur ou moyen. *Partout, sans qu'aucun écrasement particulier puisse faire supposer qu'il y a eu laminage du Crétacé, du Lias, du Keuper et du Muschelkalk, le Dévonien repose sur le Werfénien.*

Si le chevauchement était de moindre amplitude, on pourrait supposer que ce qui en reste représente un flanc renversé, ou en d'autres termes que le Werfénien de la Inclusa et de Santa Agueda appartient à un synclinal fortement couché. Malgré mes recherches, je n'ai pu trouver dans l'étude du massif de Binisquets aucun argument en faveur de cette interprétation. Je n'ai pas vu d'autre part, aux abords du contact du Dévonien chevauchant, les conglomérats de base du Trias qui devraient alors s'y trouver.

La largeur de la zone antémiocène de l'île n'est que de 10 km. dans cette région, et sur un si petit espace on ne peut guère espérer trouver des contacts suggestifs respectés par l'érosion qui a si longuement attaqué ces assises.

Je ne crois donc pas que l'on puisse encore établir ni l'amplitude réelle du chevauchement — qui dépasse en tout cas 3 km. et en atteint peut-être 6 à 7 — ni le sens exact de la poussée.

J'ajouterai tout de suite que l'âge de cette dislocation n'est pas moins vague, car le seul Burdigalien en recouvre les traces, laissant une marge considérable à l'hypothèse.

III. LES TERRAINS ANTÉ-MIOCÈNES COMPRIS ENTRE FERRERÍAS ET LA CALA MORELL.

On vient de voir comment sont disposées les assises du Wer-

fénien, depuis le massif de Font Redona jusqu'au Peñal de Antecristo.

Elles pendent à l'E, et sont très puissantes, dépassant 400 m. d'épaisseur. Ce sont surtout des bancs épais de Grès rouges, rappelant par leur allure les grès des Vosges et du Palatinat. Vers San Felipe, au S de Falconera, puis au S de la P^a Rotja, ceux-ci portent, plaqués, des grès quaternaires clairs.

Sous le Trias du Massif de la Inclusa apparaît le Dévonien formant un bombement allongé. La route royale en coupe un premier affleurement entre les km. 30 et 31. Mais ici le Dévonien pointe à peine sous du Trias recouvert à son tour par des alluvions récentes déposées par l'arroyo de Santa Galdana avant que ce ruisseau ait suffisamment scié la masse des terrains miocènes.

Dès la Casa de los Molinos commence le grand bombement de Dévonien, que l'on reconnaît à distance à la teinte plus grise du sol.

Ce Dévonien présente les mêmes caractères lithologiques que celui des autres parties de l'île. Toutefois Hermite y a découvert vers une maison qu'il nomme Binisouess des calcaires à Céphalopodes indéterminables et dont il suggérerait l'attribution au Dévonien supérieur et au Carbonifère. J'ai longuement cherché, soit vers Binisua, soit vers Binisuet, le niveau en question. J'ai bien trouvé des grès micacés à empreintes en tourbillons fort curieuses, derrière la Finca de Binisua, ainsi que des bancs calcaires entre Binisuet et Alquerieta blanca, mais, en dépit de l'apparence marine de ces sédiments, je n'y ai reconnu aucun vestige de fossiles.

La question reste ouverte.

Vers Camp Gran, vers Alfurinet Dalt, la superposition normale du Werfénien au Dévonien se poursuit. Au N de cette dernière maison, un peu au-dessus du sentier qui relie Benideufa à San Felipe, on observe au flanc de la puissante masse werfénienne de la montagne de Benideufa un lambeau de Dévonien très réduit qui paraît y affleurer par le jeu d'une faille.

Hormis cet accident, le contact des deux terrains demeure parfaitement normal au pourtour de la cote 100 N de Almudaina vers Binicano et Puig Vey, par où l'on rejoint le Trias inférieur de Santa Bárbara délimitant au S le bombement du Dévonien.

Il convient toutefois de remarquer que le Werfénien, qui est très puissant dans toute la partie E de la région étudiée ici, qui constitue de même au N et au NW les massifs de Falconera et de Punta Rotja où il mesure plusieurs centaines de mètres, se montre très réduit vers Almudaina et Binicano. Le tracé du con-

tact du Trias inférieur et du Dévonien, sinueux dans les ravineaux, semble exclure l'hypothèse d'une faille passant aux abords de ces maisons. On en est réduit à supposer, soit que les grès s'y sont déposés sur une moindre épaisseur, soit que le Muschelkalk ne s'est déposé lui-même qu'après une phase d'érosion.

Les grès rouges mesurent à peine 60 m. ; le Muschelkalk est à peu près de la même épaisseur ; puis viennent les dolomies anciennement placées par Hermite dans le Lias et que je considère avec Tornquist comme appartenant au Keuper.

Celles-ci forment une zone aride de 3 à 4 km. de large qui s'étend du km. 34,5 de la grande route à la côte de Codola et de Cala Morell. Le Miocène repose transgressif sur ce Secondaire, et le fait que l'un et l'autre sont à peu près de même résistance à l'érosion explique que la limite de ces terrains ne ressort pas topographiquement. De larges couvertures de Marès et de grès quaternaires recouvrent d'ailleurs leur contact vers Las Arenas, la Casa del Guarda, puis, plus au N, vers Son Angel et la Caseta de la Cuesta.

Une vallée évasée comprise entre ce massif de Keuper, celui de Falconera et la Cala Algallarens est envahie par des dunes plus ou moins fixées sur 1 à 2 km. de large ; elles pénètrent jusque dans les vallons étroits de San Felipe et du torrent de Son Planas.

Dans cette dernière gorge il est difficile de faire le départ entre les dépôts de sable provenant des dunes soufflées jusqu'en ce point et ceux qui doivent résulter de la désagrégation du Marès couvrant en partie les hauteurs entre lesquelles elle est creusée.

Quoi qu'il en soit, ce sable accumulé au pied des escarpements du calcaire dolomitique en masque la base, et ce n'est qu'en quelques points que l'on peut y apercevoir le Muschelkalk. Le versant E de la croupe cotée 100 au SW de Font Santa, le monticule de la bifurcation des chemins au SW de la maison d'Algallarens, enfin l'éperon rocheux séparant la cala d'Algallarens de la cala Fontanellas sont les seuls points où affleure le Trias moyen. Hermite en a porté d'autres sur sa carte, mais il a confondu à distance avec le « Trias moyen et supérieur » les dépôts quaternaires de la Caseta de la Punta Rotja et de la Font de Sa Teulada.

Le Trias moyen qui forme l'éperon entre les deux calas mentionnées plus haut est séparé à l'W de la pointe de Fontanellas par un couloir où des dépôts éoliens masquent la roche, mais où on voit d'assez nombreux débris de calcaires à Fucoïdes. La pointe même montre sous une croûte de grès durs quaternaires des

roches feuilletées, redressées presque à la verticale, pendant à l'E et qui paraissent être des schistes et calcaires du Dévonien.

Il est possible que ce soit la continuation de ces couches qui forme le bord W de l'éperon. Un banc très dur les termine, et des calcaires lités à pistes du Muschelkalk s'y appuient obliquement.

Cette disposition est encore à vérifier. Les roches modifiées par l'eau de mer quant à leur aspect extérieur peuvent prêter à confusion, et l'apparente discordance peut être le fait d'une simple faille. Si on avait ici du Trias moyen transgressif sur le Dévonien à si peu de distance des imposantes masses werfénienues de la Punta Rotja, ce serait une confirmation de la cause stratigraphique du peu d'épaisseur du Werfénien de la Almudaina.

Dès le pédoncule de la pointe de Fontanellas et jusqu'au Peñal de Curniola, la dolomie du Trias supérieur constitue toute la falaise et s'étend jusqu'au Miocène.

Dans le fond de la Cala Codolá j'aurai à mentionner en énumérant les formations quaternaires les traces d'un ancien cours d'eau remblayé.

Le Miocène transgressif.

I. ÉTUDE STRATIGRAPHIQUE.

Hermite est le premier auteur qui ait établi avec certitude l'existence du Miocène à Minorque et son caractère *transgressif sur tous les autres terrains*.

Il en a donné de nombreuses coupes et des listes d'où il ressort que ce qu'il dénommait alors Miocène moyen est le calcaire à *Clypeaster* et à *Chlamys prescabriusculus* : le Burdigalien. Nolan a confirmé ces dires. Mais Hoernes a signalé à Calas Covas *Chlamys latissimus* Brocc. sp. et a placé la partie supérieure du Miocène de l'île dans le Vindobonien.

J'ai donné beaucoup d'attention à l'étude de cette question, car la définition exacte de l'âge des dépôts transgressifs pouvait modifier profondément les idées reçues jusqu'ici quant aux relations tectoniques existant entre cette île et les autres Baléares.

Une fois de plus il faut rendre hommage à la sagacité d'Hermite qui avait pleinement raison.

Le Miocène de Minorque est constitué par une série débutant en général par des lits de galets et des grès, avec récurrences plus ou moins fréquentes des poudingues ou des brèches selon

les endroits, enfin par des calcaires zoogènes durs, souvent légèrement cristallins, et par des mollasses jaunes.

Dans certaines localités — à la Mola de Mahon et vers Ciudadelà — apparaît un faciès de mollasses calcaires semblables à celles de Manacor à Majorque, fournissant une excellente pierre à bâtir, facile à tailler.

Les assises de base du complexe miocène ne s'observent que vers le pied de la falaise tertiaire soit près de Mahon, soit vers le centre de l'île. Mais nulle part on n'y a trouvé de fossiles en dehors de quelques empreintes indéterminables.

C'est au contraire dans les niveaux supérieurs que l'on recueille d'abondants restes organisés. Tous les gisements que j'ai exploités, tous les gisements d'Hermite que j'ai pu retrouver correspondent à la partie supérieure du Miocène.

Dans leur ensemble les assises plongent très doucement vers le SW. La base du Tertiaire est vers Font Redona à près de 120 m. d'altitude. Sa partie supérieure est à 5 km. de là, aux Playas de Son Bou à 60 m. Les terrains miocènes forment ainsi une vaste surface régulière à peine inclinée vers le SW. Mais de nombreux ruisseaux à sec en été ont creusé ce plateau et se sont encaissés dans de profonds barrancos à parois presque verticales, qui, avec des sinuosités de détail, se dirigent directement vers la mer.

Ces ravins fournissent des coupes, à peu près toutes semblables, dont le sommet seul est fertile en fossiles.

La partie comprise entre Mahon, Torret et Calas Covas ne m'a pas fourni de gisement.

A Calas Covas, en raccordant des coupes partielles, on note la succession suivante, de bas en haut :

Mollasse calcaire blanche à concrétions et débris de test d'Oursins.....	
Calcaires zoogènes lités en bancs de 0 m. 05, à surface irrégulière, vacuolaires, se délitant à l'air.....	15 m.
Calcaires analogues aux précédents, mais plus durs.....	8 m.
Calcaires stériles.....	8 m.
Calcaires zoogènes à Lithothamnium, à grands <i>Pecten</i> (niveau à <i>P. latissimus</i> de Hoernes).....	15 m.

Je n'ai recueilli aucun fossile déterminable en dehors du niveau supérieur, où ceux-ci existent soit dans les bancs de calcaire dur, soit dans des bancs un peu plus gréseux intercalés.

<i>Pecten</i> (<i>Oopecten</i>) <i>gigas</i> SCHLOTH.	<i>Ostrea</i> cf. <i>Boblayi</i> DESH.
(= <i>P. solarium</i> HOERNES).	<i>Clypeaster</i> sp.
<i>Spondylus crassicoslatus</i> LK.	Polypiers.

Les couches pendent très légèrement vers la mer.

On retrouve à l'extrémité de la Playa de Sou Bou une coupe où apparaissent quelques niveaux qui peuvent servir de repères bien que leurs fossiles n'aient pas de valeur stratigraphique.

De bas en haut la succession est ici :

Mollasses jaunes stériles.....	20 m.
Mollasse calcaréo-sableuse blanche à <i>Amussium</i>	1 m. 50
Mollasse à <i>Terebratula sinuosa</i> LK. var. <i>pedemontana</i> LK.	10 m.
Calcaires zoogènes en gros bancs sans fossiles.....	30 à 40 m.

C'est sur ces couches qu'est bâtie la maison de S. Tomás. Au-dessus de ce niveau, à l'embranchement du chemin de Binicodrell et de Santo Tomás, affleurent des calcaires à Échinides, avec des Huîtres de grande taille visibles seulement en section. Ces fossiles sont accompagnés de *Pecten gigas* SCHLOTH. qui se retrouve ici à la partie tout à fait supérieure des assises miocènes respectées par l'érosion.

L'ensemble des couches est encore très légèrement incliné au SW. Elles s'étendent jusqu'au N de San Cristobal, où on les voit à Font Redona de Dalt reposer sur le Dévonien. Les niveaux que traverse la route de San Cristobal à Mercadal entre les km. 13 et 14 montrent des mollasses jaunâtres à nombreux débris de *Pecten* et d'*Amussium*. Aux abords mêmes de San Cristobal, Hermite avait recueilli dans un gisement que je n'ai pu retrouver :

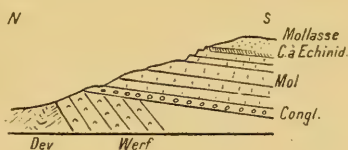


FIG. 7. — COUPÉ DU CONTACT DU MIOCÈNE ET DE SON SUBSTRATUM AU N DU BECH. Éch. 1/15000.

Pecten Besseri ANDR.

Conoclypeus semiglobosus LK.

Clypeaster crassicosatus AGASS.

Clypeaster latirostris AGASS.

Clypeaster aff. marginatus LK.

Echinolampas scutiformis LES.

Echinolampas hemisphericus LK.

Schizaster Peroni COTT.

Schizaster Scillæ LES.

Un peu à l'E du Bech, la falaise miocène montre ce terrain reposant en transgression sur le Werfénien. La succession est donnée par la coupe de la figure 7.

On retrouve le niveau à *Clypeaster* vers Santa Ponsa de Alayor, où Hermite signalait

Pecten Besseri ANDR.

Pecten nodosiformis PUSCH.

Lucina leonina BAST.

Cardita crassicosata LK.

Carcharodon megalodon LK.

et d'où provient *Clypeaster altus* KL. var. *portentosus* DESMOUL. que M^e Flaquer, notaire à Alayor, a bien voulu me donner.

Si on se dirige vers l'W, les mêmes niveaux demeurent fertiles.

Pour gagner Santa Ponsa de Ferrerías, depuis San Cristobal, il faut traverser un torrent affluent du Rio Trebeluger et le Rio Trebeluger lui-même.

La coupe mise à jour par ce double cañon, fait retrouver à la base des mollasses jaunes dures à sections de *Clypeaster* et de *Scutella*, formant des parois verticales. A la partie supérieure affleurent des couches à *Amussium*, gr. de *A. corneum* Sow. sur lesquelles reparait le niveau à *Terebratula sinuosa* Lk. var. *pedemontana* Lk. de Santo Tomás. J'ai recueilli dans les champs *P. subbenedictus* FONT. Hermite avait ramassé près de la ferme de Santa Ponsa

Pecten præscabriusculus FONT.

Schizaster Parkinsoni AGASS.

Conoptypeus plagiotomus AG.

Brissopsis crescenticus WRIGHT.

Echinolampas hemisphericus LK.

Mes récoltes confirment donc celles d'Hermite. Nous sommes ici en plein Burdigalien.

Le niveau des mêmes assises peut être encore plus certainement établi par l'étude de leur continuation vers Son Mestre, dans le ravin de l'Arroyo de Santa Galdana et sur son bord W.

J'ai recueilli là :

Chlamys præscabriusculus FONT. sp.

Clypeaster sp.

Pecten corsicanus DEP. et ROM.

Scutella sp.

Pecten gigas SCHLOTH.

Xenophora Deshayesi MICH.

Amussium sp.

Terebratula sinuosa Lk. var. *pedemontana* Lk.

Venus sp.

Une route de voitures conduit de Son Mestre par Torrepetxina vers Ciudadela. Un kilomètre au NW des maisons de Torrepetxina près de Son Fabre, est un embranchement conduisant directement à S^a Maria au fond du ravin de Santa Galdana.

Entre la bifurcation et la descente vers ce cours d'eau, la route traverse une petite dépression où les agents atmosphériques ont attaqué la mollasse et mis en liberté une très grande quantité de fossiles, appartenant presque tous à *Chlamys præscabriusculus* FONT., *P. revolutus* MICH., et à des formes voisines de *C. præscabriusculus*.

C'est ici, comme à Son Mestre, la partie supérieure des couches tertiaires de l'île. Elle est indubitablement burdigalienne.

Enfin à l'extrémité même de Minorque, j'ai tenté de retrouver à la Cala Sant Andria le gisement signalé par Hermite où cet auteur avait recueilli entre autres :

<i>Pecten latissimus</i> Brocc. (sans doute	<i>Pecten cf. camaretensis</i> Font.
plutôt <i>P. gigas</i> Schloth).	<i>Janira cf. jacobea</i> Font.
<i>Pecten præscabriusculus</i> Font.	<i>Clypeaster portentosus</i> Desm.

Je n'ai pu en extraire que de mauvais débris qui n'apportent aucune forme nouvelle à la liste ci-dessus.

Il en fut de même des couches du Cabo Negro, quelques kilomètres au S de ce point, qui sont d'ailleurs la continuation des mêmes assises.

Toutes les listes que je viens de reproduire établissent l'âge burdigalien des couches supérieures du Miocène de Minorque. M. Depéret, le savant doyen de la Faculté des Sciences de Lyon, a bien voulu examiner mes faunes et s'est montré très affirmatif même quant au *Pecten* (*Oopecten*) *gigas* Schloth. qui étant donnée la position des bancs qui le contiennent doit être encore attribué au Burdigalien. Quelques *Clypeaster* de Son Mestre ont toutefois l'apparence de formes helvétiques.

La question stratigraphique suspendue au fossile présumé helvétique sur une détermination incorrecte de Hoernes n'a du reste qu'un intérêt subsidiaire. L'important est que les couches de la masse principale sont burdigaliennes.

II. LE CONTACT DU BURDIGALIEN ET DES TERRAINS PLUS ANCIENS.

Hermite a montré que le Miocène est transgressif sur les terrains sous-jacents plissés ; lui, Nolan et Hoernes ont admis que la ligne limitant les dépôts burdigaliens correspond à peu près au rivage miocène, ou en d'autres termes que la partie septentrionale de l'île appartenait durant les temps miocènes à la terre ferme.

Or, l'étude du contact peut se faire à peu près sur toute sa longueur. Souvent un cours d'eau a creusé son lit en le suivant : son versant N est alors taillé dans les terrains anciens, son versant S dans le Miocène qui se présente en falaise.

Dans les régions où le substratum est formé des dolomies dures du Keuper, ces dernières n'ont pas été plus attaquées que le Miocène ; le contact n'apparaît pas nettement dans la topographie. Le premier dispositif s'observe de Mahon aux abords de Santa Teresa, du km. 15 de la route de Ciudadela au SW de Santa Bárbara à hauteur du km. 34 de la route. Le second existe dans le massif dolomitique d'Alayor et dans celui de Santa Victoria à l'W de Santa Bárbara.

Le Riaz de Mahon correspond à l'aval d'une vallée morte, dépression que suit sur 5 km. l'ancienne route de Mahon à Ciudadela.

dadela. Une partie des ilots qui divisent le chenal appartient encore au Miocène; et c'est ce même terrain qui forme toute la montagne de la Mola d'historique et glorieuse mémoire.

Les photographies, Pl. IV, fig. 2, montreront mieux qu'une description la falaise miocène dominant les bas fonds où l'on voit le Dévonien et le Werfénien disparaître sous la mollasse.

Ce régime cesse brusquement au point où commencent les dolomies; mais la superposition du Miocène au Secondaire n'en est pas moins manifeste le long de la route, qui, montant et descendant pour passer des vallonnements, entame dans les croupes des Mollasses miocènes et dans les dépressions du Trias. Il y a lieu de mentionner toutefois que, dans certains points, le Miocène prend au contact du Trias supérieur un aspect cristallin et dolomitique qui provoque facilement des erreurs de détail auxquelles je n'ai sans doute pas échappé. Entre Alayor et le km. 15 de la route, le Miocène se trouve légèrement en contrebas du Trias et j'estime que l'on y est en présence du rivage de la mer miocène.

A partir de ce point, les sédiments plus meubles du Dévonien et du Werfénien ayant offert un champ plus facile à l'érosion, celle-ci les a largement attaqués, et de légers mouvements post-burdigaliens aidant, les assises miocènes se trouvent dominer un versant de Grès bigarrés ou de Dévonien qui s'abaisse sur plus ou moins d'étendue vers le N. Les nombreux lits de torrents qui servent de déversoirs aux bassins creusés dans les terrains anté-tertiaires ont scié le versant et sa couverture pour se diriger vers la mer. A chaque vallée on voit les assises rouges du Trias ou brunes du Dévonien sous le Miocène. J'ai donné la coupe de la falaise du N du Bech.

J'ai déjà mentionné le fait que plus à l'Ouest la falaise miocène s'observe précisément au-dessus de la ligne de contact anormal de la route de San Cristobal à Ferrerías, Pl. III, fig. 3. A l'aval de Son Marcé de Dalt, la route de voitures qui donne accès à cette maison perchée sur la falaise coupe de bas en haut :

Grès werféniens.....	
Poudingues et brèches de base du Miocène.....	15 m.
Calcaires lités en bancs de 0 m. 50, durs, zoogènes, recristallisés, avec de larges vacuoles dues à la dissolution des fossiles.	30 m.

Cette falaise est particulièrement intéressante dans la partie comprise entre Ferrerías et Santa Bárbara, car elle montre que le Miocène s'est déposé ici sur une topographie très fouillée, comportant d'anciennes vallées qui ont été remplies par les bancs

horizontaux du Burdigalien. Vers Ferrerias, l'entrée de la gorge du Rio Trebeluger semble montrer que la nouvelle vallée s'est creusée sur le tracé approximatif de l'ancienne.

La falaise aux abords du cañon de Santa Galdana montre des faits analogues que Hermite avait déjà notés (fig. 51, p. 251 de sa thèse). L'ancienne vallée qu'il cite se trouve entre Montañeta et Biniatrun. Celle de Santa Galdana même paraît bien aussi correspondre au déversement des eaux d'un bassin qui ne devait différer que par l'étendue et le modelé détaillé de celui qui alimente le ruisseau actuel.

J'ai déjà fait observer que la topographie de la région N de l'île présente un cachet relativement ancien. L'existence de ces anciennes vallées est à mettre en corrélation avec ce caractère sur lequel j'aurai à revenir dans mes conclusions.

La partie du contact située à l'W de Santa Bárbara reproduit les particularités du massif dolomitique d'Alayor à cela près que des dépôts de Marès la cachent largement vers Las Arenas et vers Son Angel.

Les listes données par Hermite permettaient déjà de conclure à l'âge burdigalien de la majeure partie du Miocène de Minorque ; mais Hoernes ayant émis l'idée qu'une partie de ce Tertiaire devait être rattachée au Vindobonien inférieur, il était nécessaire de vérifier les assertions de cet auteur et surtout de chercher si une erreur ne se serait pas glissée dans les rares listes d'Hermite. On a vu que le Miocène de Minorque repose en transgression sur des accidents auxquels il fixe ainsi une date limite supérieure.

Si cette date avait dû être reportée dans le Vindobonien inférieur, toute l'interprétation d'ensemble de la structure de l'archipel s'en serait trouvée modifiée.

D'après la vérification à laquelle je me suis livré, il faut affirmer que le Miocène est ici burdigalien, les fossiles qui le datent gisant dans ses assises supérieures. Vu l'absence de bons fossiles dans les couches de base, on peut même se demander à quelle époque exacte a commencé la transgression ; mais il est peu probable que les premières couches en soient contemporaines de la faune de Carry.

Quelle que soit la réponse que l'avenir donnera à cette question de détail, il n'en est pas moins certain actuellement que les phénomènes tectoniques qui ont affecté les couches sur lesquelles repose ce Miocène sont antérieurs aux mouvements alpins.

Dépôts quaternaires.

Comme dans mon étude sur Majorque, je me bornerai à des indications très brèves sur le Quaternaire, ses dépôts ne comportant ici aucun fossile.

Je distinguerai des grès durs relativement anciens mais que je n'ai pu dater : le Marès identique à celui de Majorque et formant des dépôts soit au niveau de la mer, soit à diverses hauteurs ; des alluvions anciennes, enfin des formations contemporaines, alluvions récentes et dunes.

Les grès anciens sont des dépôts relativement durs sans restes organisés que l'on pourrait aussi bien vu leur aspect placer dans le Pliocène que dans le Quaternaire. Je me suis même demandé s'ils ne représentaient pas les lambeaux de formations miocènes dont l'extension se trouverait ainsi avoir été beaucoup plus grande que les auteurs ne l'admettaient. Je crois toutefois que cette dernière interprétation est à repousser.

Ces grès s'observent uniquement sur la frange de sédiments anté-miocènes qui avoisinent le rivage septentrional de l'île. Ils forment des entablements blancs assez épais dans la partie supérieure des hauteurs environnant la Albufera et la Cala Addaya. Les sommets de Capifort (81 m.), les abords de la côte 85-W du Cap Favaritx l'E de l'éperon dominant au NE le chenal de la Albufera, l'W de l'île Colom en portent des lambeaux.

Au S du Cabo Mosená, j'ai relevé, couronnant un monticule au bord de la mer, la coupe suivante :

Dévonien de base.

Brèche.	1 m. 50
Grès dur à cailloux roulés.	1 m. 50
Grès calcaire dur.	4 m.
Grès terreux plus jaunâtres.	1 m. 20

Il arrive plus souvent que les formations bréchoïdes de la base et surtout celles, terreuses, du sommet manquent.

Les grès quaternaire de la coupe, fig. 3, sont uniquement formés par des grès calcaires durs clairs.

Outre la région dans laquelle je viens de mentionner ces dépôts, il convient d'en citer à d'assez hautes altitudes (50 à 100 m.) dans le massif de Binimallá, vers Son Ermita au versant SE de Falconera (exactement à l'amont de la Font de sa Teulada) et au versant de la Punta Rotja.

Le cap séparant la cala Fontanellas de la cala Codolá permet de supposer que ces grès sont franchement indépendants du Marès qui apparaît ici en placages obliques ou entrecroisés, soit au bord de la mer, soit vers 20 à 25 m., alors que les grès durs forment une épaisse croûte sur le haut du promontoire.

Le Marès.

Cette formation est bien connue. L'esquisse que je donne montre ses principaux dépôts, qui peuvent s'élever comme à Majorque assez haut, et qui forment d'épais placages en particulier sur les hauteurs qui sont au S de Codolá.

Les niveaux inférieurs du Marès sont en beaucoup d'endroits recouverts par des dunes, dont certaines montrent par place des stades de solidification intermédiaires entre le sable meuble et un grès calcaire analogue au vrai Marès.

Le Marès comme les grès durs, n'existe que dans la partie septentrionale de Minorque. Ce fait peut être attribué à la prédominance des vents du N et du NE déjà au Quaternaire, mais surtout, me semble-t-il, à la position du rivage. Il est possible en effet que le contour SW de Minorque soit d'un dessin plus récent que la côte N.

Alluvions anciennes.

Hermite a porté sur sa carte un affleurement de Werfénién perçant le Miocène entre Biniatrun et Binigafuli, sur la route de Ciudadela à Font Santa, non loin de la limite des dolomies du Keuper. Pour mon compte je n'y ai retrouvé que de très nombreux blocs de grès rouge roulés, mais non en place.

Or l'étude de la côte entre le fond de la Cala Codolá et la pointe de Biniatrun m'a révélé à la face SW de cette anse l'existence d'une ancienne vallée en forme de V, entamant au moins jusqu'au niveau actuel de la mer les dolomies du Trias supérieur. Cette vallée est entièrement comblée par des alluvions formés de gros blocs roulés, presque exclusivement Werféniens.

Bien que je n'aie pu suivre cette formation sur le plateau de Son Codolá, je pense qu'elle a dû initialement se rattacher à celle qui vers Biniatrun contient tant de blocs identiques. Ce serait là un ancien cours, complètement obstrué, en tout cas antérieur au Marès de 25 m. de la Cala Codolá. Les grès anciens qui forment une croûte sur le promontoire de Fontanellas sont indépendants de ces alluvions. Ils les dominent topographiquement.

Alluvions récentes.

Les alluvions sont très peu répandues à Minorque. C'est à peine si le tronçon de vallée qui précède le Riaz de Mahon en comporte.

Vers le km. 31 de la route royale, le fond de la dépression comprise entre le pied de la Inclusa et la falaise de Miocène en montre une couche de peu d'épaisseur. Cette formation correspond à la partie du torrent de Santa Galdana qui précède immédiatement la gorge que les eaux se sont creusée dans le Tertiaire.

Des dépôts alluviaux peu importants forment, vers le bas du cours de chaque torrent traversant le Miocène, une zone fertile en général soigneusement cultivée.

Conclusions.

A. — RÉSULTATS STRATIGRAPHIQUES.

Les observations réunies dans les pages qui précèdent n'apportent que peu de détails nouveaux sur la stratigraphie de Minorque.

Dévonien. Hermite distinguait un Dévonien inférieur et un Dévonien supérieur à plantes, identiques, séparés par des formations marines du Dévonien moyen. Le chevauchement du Dévonien sur le Werfénien étant admis, on doit se demander si le Primaire n'est pas replié et renversé. Dans cette hypothèse, le Dévonien marin serait le terme le plus ancien connu. Le Dévonien à plantes serait du Dévonien supérieur qui dans certains cas paraîtrait sous le calcaire par le fait du seul renversement.

Le manque de fossiles interdit encore toute affirmation à ce sujet.

Trias. Les conclusions de Tornquist sont à adopter en particulier quant au Keuper qui paraît bien être représenté par les dolomies qu'Hermite plaçait jadis dans le Lias.

Cette attribution coïnciderait avec l'attribution au Trias des dolomies de la Sierra de Levante de Majorque que j'avais suggérée. La dolomie craquelée de Minorque est identique à la dolomie « mylonitisée » de Felanitx.

Lias. Ce terrain est moins étendu encore que je ne l'avais admis dans mon mémoire. Il ne paraît pas y avoir de dépôts supraliasiques ; le Crétacé de Pontinat repose directement sur les dolomies. J'avais supposé que la mer du Jurassique moyen

et supérieur n'a pas atteint ou n'aurait qu'effleuré la région de Minorque. C'est là sinon une confirmation tout au moins un argument favorable à cette hypothèse.

Crétacé. Il découlait déjà des notes de Nolan que Minorque devait être à la limite du faciès urgonien et du faciès de haute mer. Le collationnement des listes d'Hermite, des récoltes de Nolan et des miennes établit à défaut de coupe précise que le Barrémien et l'Aptien sont représentés par des niveaux à Céphalopodes et que le faciès zoogène, peut-être amorcé par des épisodes discontinus au Barrémien, s'affirme à l'Aptien.

C'est par ce niveau que les formations crétacées de Minorque se terminent, après avoir débuté sans doute à l'Hauterivien.

Tertiaire. La seule formation connue est la masse burdigalienne transgressive sur le SW de l'Ile. Il n'y a pas de raisons absolues d'admettre la présence de l'Helvétien sur le Burdigalien. Il n'est d'autre part pas certain que la base du Miocène ne corresponde pas à un niveau inférieur au Burdigalien. Elle est peut-être contemporaine des faluns de Carry.

Depuis la fin du Trias, par ses particularités stratigraphiques et son histoire paléogéographique, Minorque est donc complètement différente des autres Baléares.

B. — DISLOCATIONS. SENS, IMPORTANCE ET AGE DES ACCIDENTS.

I. — *Mouvements hercyniens.*

Les plissements anté-triasiques affectant le Dévonien sont vraisemblablement d'âge hercynien. Il est difficile d'en définir l'orientation car les assises sont plissotées et chiffonnées; toutefois la direction dominante semble être SSW-NNE. Une série d'affleurements du niveau marin forme une ligne droite de Santa Rita à Binimallá. Pour autant que ces gisements appartiennent à un même pli, on pourrait conclure de leur alignement à une direction axiale S-N.

Dans les deux cas, ces directions peuvent être rattachées aux accidents hercyniens.

II. — *Mouvements anté-burdigaliens.*

Je distinguerai les mouvements importants qui ont produit le chevauchement du Dévonien sur le Werfénien et les faibles efforts dont est résulté le plissement à peine sensible du synclinal Alayor-Pontinat et de l'anticlinal du massif de Bini-suets.

a) *Chevauchements*. Le seul terrain recouvert par le Dévonien est le Werfénien. Mais, ni le Trias moyen ou supérieur, ni le Lias, ni le Crétacé ne reposent sur la ligne de contact anormal. On peut penser que le mouvement est post-aptien. Un chevauchement d'âge secondaire, réplique lointaine de la chaîne cimmérienne, est au moins improbable.

L'ampleur du recouvrement dépasse ce que j'avais prévu en 1911, et le gauchissement de la surface de contact anormal rend encore illusoire tout essai tendant à préciser le sens de la poussée.

b) *Plis à grand rayon de courbure*. Ces plis qui ont déterminé la zone synclinale d'Alayor, le bombement de Binisquets et la zone synclinale de Santa Victoria sont très peu accentués. Ils sont axés NS. Ils sont anté-burdigaliens.

Sont-ils dus à un mouvement concomitant du chevauchement ? Lui sont-ils postérieurs ? Les directions de poussées sont-elles les mêmes ? Je ne puis encore me prononcer.

Il est naturel, quoi qu'il en soit, de rechercher une corrélation, voire une continuité orogénique, entre ce chevauchement et ces plis anté-burdigaliens, les plis anté-burdigaliens que j'ai décrits à Majorque (Sierra de Majorque, p. 217, fig. 91) et les plissements de la chaîne Celtibérique décrits par M. Joly. Cette suggestion émise partiellement dans mon mémoire (p. 457) vient d'être reprise et amplifiée par M. Joly lui-même¹. Les restrictions que je fais ici quant à la connaissance exacte de l'âge et de la direction réelle des accidents de Minorque montrent avec quelle prudence il convient encore de manier cette hypothèse.

III. — *Mouvements post-burdigaliens.*

Le Miocène de Minorque est plutôt gauchi que plissé, et sans direction dominante. Les pendages sont faibles. Des bombements de 4 à 5 km. d'amplitude transversale que l'on peut observer par les falaises correspondant à une flèche de 60 m. Les failles ne jouent pas le rôle que leur attribuait Nolan.

Il semble par contre que l'ensemble du Burdigalien est incliné au SW, comme si toute l'île avait basculé en bloc dans cette direction de quelques degrés.

Ce dernier mouvement pourrait être d'ailleurs beaucoup

1. H. JOLY : Note préliminaire sur l'allure générale et l'âge des plissements de la chaîne celtibérique. *CR. Ac. Sc.*, t. 175, 1922, p. 976.

plus récent que les plis. On a vu que les grès durs et le Marès du Quaternaire n'existent que sur la côte N de Minorque, et y sont assez élevés. On peut se demander si le mouvement de bascule n'est pas postérieur à leur formation.

IV. — *Le problème de Minorque et la terminaison de la chaîne subbétique.*

Les observations qui viennent d'être résumées n'apportent aucune lumière sur ce problème. Elles serviront nonobstant à éliminer des solutions.

La terminaison de la chaîne subbétique par l'édifice post-burdigalien de Majorque ne pouvait s'interpréter que de cinq façons :

1° *Terminaison réelle en rameau libre entre Majorque et Minorque.* — Même en estimant au plus juste les déplacements tangentiels des terrains de Majorque, cette interprétation semble inadmissible vu la petite distance qui sépare ces deux îles.

2° *Les charriages de Majorque se seraient prolongés vers le NE. Le Miocène de Minorque serait en fenêtre et les terrains plus anciens du N de l'île représenteraient l'ennoiement d'une vaste nappe, continuation latérale de celles de la grande Baléare.* — Ainsi qu'on l'a vu, toutes les observations de mes devanciers et les miennes interdisent absolument cette hypothèse.

3° *Toute l'île de Minorque serait bien autochtone par rapport aux plissements post-burdigaliens, mais le prolongement des nappes de Majorque, supposées de grande amplitude, aurait passé par-dessus Minorque puis aurait disparu par érosion.* — Cette hypothèse est aussi inadmissible que la précédente. S'il y avait eu un puissant édifice post-burdigalien sur Minorque il en subsisterait au moins autant de vestiges qu'à Majorque. De plus on a vu que des cours d'eau actuels s'encaissent dans le Miocène et retrouvent en partie un tracé que ceux qui provenaient des mêmes régions avaient avant le Burdigalien. Ce fait suppose que, dans une certaine mesure, une orographie très ancienne de la partie septentrionale a commandé l'érosion dans les assises burdigaliennes. Rien de tel ne se serait produit si Burdigalien et terrains plus anciens avaient été rabotés par une nappe.

4° et 5° *Restent les deux hypothèses de la torsion de la chaîne récente et de sa terminaison rapide soit vers le NE, Minorque demeurant comme un débris de l'arrière-pays soit vers le SE, Minorque faisant alors partie de l'avant-pays.*

Le décalage des deux îles et l'orientation oblique des chaînons du Cap Formentor pousseraient à adopter la première; mais l'extrémité NE de Majorque et surtout le promontoire d'Artá devraient porter la trace de cette torsion.

La position absolue de Minorque étant supposée fixe depuis le Burdigalien, il semble donc préférable de supposer que les derniers accidents du rameau libre de la chaîne subbétique passent au SW de cette île, ainsi que la forme incurvée du seuil sous-marin qui la réunit à Majorque tend à le suggérer. Peut être l'affaissement de cette extrémité de chaîne sous les flots ne fut-il pas sans relations avec le mouvement de bascule que trahit le Burdigalien minorcain.

Le problème de Minorque reste donc entier. Mais on sait maintenant que sa solution ne peut plus guère être cherchée dans la seule étude géologique de l'île, dont la portion émergée est trop exiguë pour avoir conservé la trace des phénomènes qui pourraient nous guider.

EXPLICATION DES PLANCHES

Planche I. — Carte géologique à 1/200000 de l'île de Minorque. Photographie réduite de levers à 1/100000. Equidistance, 50 m.

Planche II. — Coupe d'ensemble à travers l'île de Minorque.

Echelle des hauteurs et des longueurs : 1/50 000. Coupe 1, selon le parallèle 40° 50'; Coupe 2, parallèle à la première, 5000 m. plus au Sud.

Planche III. — FIG. 1. Vue panoramique de la ligne de chevauchement du Dévonien sur le Trias inférieur entre Santa Rita et San Pedro.

FIG. 2. Vue panoramique de la continuation du même chevauchement au N de la dépression de Binideufa, prise de Santa Agueda.

FIG. 3. Le Burdigalien transgressif sur la ligne de contact anormal, au km. 3, 6 de la route de San Cristobal à Ferrerías.

Planche IV. — FIG. 1. La ligne de contact anormal au NE de Santa Agueda, vue de l'arête de San Pedro.

FIG. 2. Miocène transgressif sur le Dévonien à l'W de Mahon.

CONTRIBUTION A LA CONNAISSANCE DES TONSTEIN DU HOUILLER DE LA SARRE

PAR **Pierre Termier**¹.

La Direction générale des Mines domaniales françaises de la Sarre a soumis à mon examen quelques échantillons des roches argileuses appelées *Tonstein* dans le bassin houiller, et m'a demandé mon opinion sur la nature et l'origine de ces roches. La question n'est pas nouvelle ; elle est difficile et complexe ; l'étude que j'en ai faite et dont on va lire les résultats n'a pas la prétention de la résoudre ; ce n'est qu'une contribution à la connaissance de tout un vaste ensemble de phénomènes.

Je rappelle que les *tonstein* sont des argiles interstratifiées dans la série des sédiments houillers. Leur couleur est souvent claire : gris clair, gris de cendre, gris de fumée, gris blond ou brun. Quelques-unes sont presque blanches. Elles forment des lits très étendus et d'aspect assez constant, dont l'épaisseur varie de quelques centimètres à 20 et même 30 centimètres. Elles constituent d'excellents repères stratigraphiques, les meilleurs repères que l'on possède actuellement dans le bassin houiller de la Sarre. Leur couleur claire permet de les distinguer aisément des autres sédiments houillers.

Toutes ont l'odeur d'argile, plus ou moins prononcée. La plupart ont le toucher doux de l'argile. Quelques-unes sont assez mélangées de sable quartzeux pour avoir le toucher d'un grès fin.

Il en est de très pures. D'autres sont souillées de matières charbonneuses ou renferment du carbonate de fer, de la calcite, de la limonite. La plupart contiennent un peu de quartz, d'origine détritique. Les débris végétaux y sont fréquents. Je n'y ai rencontré aucun fragment reconnaissable de lave volcanique aucun de ces quartz rongés et corrodés que l'on trouve en abondance dans les rhyolites, les dacites et les tufs volcaniques associés à de telles laves.

A l'œil nu, la roche est le plus souvent complètement aphanitique. Parfois cependant, on voit briller, dans la masse argi-

1. Note présentée à la séance du 22 janvier 1923.

leuse, quelques paillettes très petites, semblables au mica blanc : c'est de la leverriérite.

EXAMEN MICROGRAPHIQUE. — Au microscope, la plupart des échantillons de *tonstein* montrent : une argile d'apparence isotrope, probablement cryptocristalline, formant une grande partie de la masse (jusqu'aux neuf dixièmes) ; quelques grains de quartz détritique ; de nombreux cristaux de leverriérite ; enfin des impuretés variées qui sont surtout charbon, sidérose et calcite.

La leverriérite¹ a les formes tordues, le clivage facile, et toutes les propriétés optiques que j'ai décrits autrefois dans les échantillons de la Loire et du Gard. Ici, comme au sein des argiles houillères du Gard et de la Loire, elle est certainement développée *in situ*. Sa biréfringence est variable ; d'autant plus forte que la coloration du minéral est plus accusée. Les cristaux incolores ont une biréfringence voisine de 0,01 ; ceux qui sont colorés en blond ou en brun clair sont légèrement polychroïques et ont une biréfringence supérieure à 0,025. Entre ces variétés extrêmes, il semble qu'il y ait tous les passages, par augmentation graduelle de la biréfringence.

Dans quelques échantillons, de très petits cristaux de mica noir, plus rarement de mica blanc, très rarement d'une chlorite à peine colorée, se joignent aux cristaux de leverriérite. Ils paraissent être, comme la leverriérite, développés *in situ*. Ils sont toujours moins nombreux que les cristaux de leverriérite.

Un seul échantillon (provenant du 5^e *tonstein*, Inspection VIII, fosse König, 5^e étage, cote — 145 par rapport à la mer) ne m'a montré ni leverriérite, ni mica. Cet échantillon, de couleur presque blanche, offre, au microscope, une argile très peu transparente, un peu brunâtre, d'apparence isotrope. L'aspect, aussi bien au microscope qu'à l'œil nu, est exactement celui des *gores blancs* coupés par les sondages du bassin houiller de Lyon.

Mais un autre échantillon attribué au même *tonstein* et provenant du sondage Gross Rosseln (Inspection XII, cote — 783) renferme, avec un peu de quartz, de nombreux cristaux de leverriérite, nageant dans une argile peu transparente, d'apparence isotrope.

Tous les échantillons qui m'ont été communiqués sont attribués à cinq lits de *tonstein*, numérotés 1, 2, 3, 4, 5, de haut en bas dans la série houillère. Le 1^{er} *tonstein* est au toit du

1. *Annales des Mines*, 8^e série, t. XVI 1890 p. 372 ; et *Bulletin de la Soc. fr. de Minéralogie*, t. XXII, 1899, p. 29.

faisceau des Flambants inférieurs; le 2^e au mur du même faisceau; les trois autres sont dans le faisceau gras (Fettkohlen).

ESSAIS CHIMIQUES. — Après avoir pris l'avis de M. Henry Le Châtelier, qui a lui-même fait, sur les échantillons en question, quelques essais chimiques, j'ai renoncé à l'analyse globale des *tonstein*, à cause de l'impureté évidente de la plupart de ces roches. Les quatre analyses données en 1921 par MM. Langrogne et Bergerat (*Bull. Soc. Industrie minérale de Saint-Etienne*) indiquent suffisamment ce qu'un autre chimiste aurait pu trouver en analysant mes échantillons.

Un morceau, de couleur très blanche, provenant du 2^e *tonstein* (Insp. II, Luisental, puits Richard, bowette de remblayage hydraulique, cote — 110) a été essayé par M. Henry Le Châtelier, qui lui a trouvé la composition approximative suivante :

H ² O et CO ²	14
CaO.....	6
MgO.....	2
Al ² O ³ et Fe ² O ³	23
SiO ² (par différence).....	54
	100

Cet échantillon ne renferme pas d'alcalis en quantité notable. Si l'on admet que CaO et MgO sont à l'état de carbonate, ce qui n'est pas sûr, il resterait sensiblement, pour le silicate d'alumine :



CONCLUSIONS MINÉRALOGIQUES. — Les *tonstein* de la Sarre sont des argiles, mélangées d'un peu de quartz d'origine détritique et, accessoirement, d'impuretés diverses, telles que calcite; dolomie, sidérose, pyrite, charbon.

Le fait curieux, important et non encore signalé, est que, dans ces argiles, il y a presque toujours de nombreux cristaux de leverriérite développés *in situ*, comme dans les *nerfs* et les *gores* du Houiller de la Loire et du Houiller du Gard. A cette leverriérite s'associent parfois la biotite, plus rarement le mica blanc, peut-être dans quelques cas la chlorite, tous ces minéraux développés *in situ* comme la leverriérite.

Dans certains *tonstein*, la leverriérite forme les deux tiers de la masse.

Le plus souvent, les cristaux de leverriérite nagent dans une argile d'apparence isotrope. Il n'est pas impossible que cette argile de fond soit de la leverriérite cryptocristalline; mais l'hypothèse ne semble pas vérifiable, en raison de l'im-

possibilité de séparer les cristaux de leverriérite du milieu qui les entoure.

On sait que la leverriérite du Gard répond à la formule $2 \text{SiO}^2 \text{Al}^2\text{O}^3 (\text{H}^2, \text{K}^2) \text{O}$; c'est, si l'on veut, une muscovite à eau, avec très peu de potasse. Elle renferme aussi un peu de chaux et de magnésie. Si la leverriérite de la Sarre a la même composition, ce qui est très probable, il y aurait là une raison de penser que l'argile cryptocristalline qui l'entoure n'est ni de la leverriérite, ni de la kaolinite, mais plutôt une argile formée avec l'anhydride $4 \text{SiO}^2 \text{Al}^2\text{O}^3$, ou même avec l'anhydride $6 \text{SiO}^2 \text{Al}^2\text{O}^3$; car la teneur globale en silice des *tonstein* semble être toujours très nettement supérieure à celle qui correspondrait à l'anhydride $2 \text{SiO}^2 \text{Al}^2\text{O}^3$.

Un seul de mes échantillons, ai-je dit, ne renferme pas de leverriérite. Il ne contient pas non plus de quartz. C'est une argile peu transparente, d'apparence isotrope, tout à fait analogue à celle des *gores* du bassin houiller de Lyon, et, comme elle, très blanche et très homogène. Or, dans les *gores* du bassin houiller de Lyon, la teneur en silice est toujours très élevée (environ 60 % et même davantage). Il est probable que cette argile blanche peu transparente correspond à l'anhydride $6 \text{SiO}^2 \text{Al}^2\text{O}^3$, comme la termiérîte¹ décrite par M. G. Friedel.

Le silicate d'alumine des *tonstein* de la Sarre oscillerait ainsi, quant à l'anhydride, entre les formules $2 \text{SiO}^2 \text{Al}^2\text{O}^3$, $4 \text{SiO}^2 \text{Al}^2\text{O}^3$, $6 \text{SiO}^2 \text{Al}^2\text{O}^3$. Il prendrait le plus souvent la première formule et se constituerait à l'état de leverriérite, ou encore à l'état de mica. Dans des cas probablement plus rares, il se constituerait, comme dans les *gores* du bassin houiller de Lyon, à l'état d'une argile ayant pour anhydride $6 \text{SiO}^2 \text{Al}^2\text{O}^3$ et qui est peut-être une variété de termiérîte.

CONCLUSIONS GÉOLOGIQUES. — Il n'est pas douteux que les *tonstein* ne soient des sédiments. Ils sont formés par de l'argile sédimentaire, presque toujours mêlée, en proportion très variable, avec du sable quartzeux d'origine évidemment détritique.

Mais ce sont des sédiments d'une nature un peu particulière, formés d'une argile très fine et, dans chaque banc, très homogène ; et, dans cette argile, des cristallisations se sont effectuées après le dépôt, aboutissant le plus souvent à de la leverriérite.

Les *tonstein* sont à rapprocher des *gores* du Houiller de la Loire et des *nerfs* du Houiller du Gard : même nature argileuse,

1. Bull. Soc. fr. de Minéralogie, t. XXIV, 1901, p. 6.

même finesse extrême, même tendance à donner de la leverrière, et quelquefois du mica noir, par cristallisation intime.

Ils sont aussi à rapprocher des *fire-clays* des bassins houillers anglais, qui sont des argiles fines, cristallisées en kaolinite. M. Barrois m'a dit que des roches entièrement semblables aux *fire-clays* se rencontrent à divers niveaux du Houiller du Nord et du Pas-de-Calais.

L'abondance de ces argiles à cristallisations intimes, dans les bassins houillers de la Sarre, de la Loire, du Gard, d'Angleterre, du Nord de la France, donne à penser que l'on constatera leur existence dans tous les autres bassins houillers le jour où l'on voudra s'appliquer à leur recherche. Les *tonstein* ne sont certainement pas un privilège du bassin de la Sarre.

Cette même abondance et, dans chaque cas, la grande extension du lit d'argile fine, écartent l'hypothèse d'une origine hydro-thermale, et plus encore l'hypothèse d'une origine éruptive *directe* (je veux dire l'arrivée dans le bassin houiller lui-même d'une lave feldspathique dont l'altération subséquente aurait donné le *tonstein*). Encore une fois, l'origine est certainement sédimentaire ; l'argile vient, dans la plupart des cas, de la terre ferme qui formait la rive du bassin.

M. J. de Lapparent m'écrivait récemment qu'il avait eu l'idée d'attribuer chaque *tonstein* à un incendie de la forêt houillère. Mais quelle est la forêt dont l'incendie pourrait donner assez de cendres pour que ces cendres, agglutinées et comprimées, formassent une couche de 20 ou 30 centimètres ?

Il n'est pas impossible qu'il y ait quelquefois, dans l'origine de l'argile qui a donné le *tonstein*, une part de volcanisme. Cette argile pourrait provenir de l'entraînement par les eaux des cendres volcaniques tombées en grande quantité sur la terre ferme, ou encore de la lixiviation, par les eaux, de laves épanchées sur cette terre ferme. Ce serait notamment le cas de certains gores de la Loire où j'ai signalé autrefois des quartz bipyramidés *rongés*, identiques aux quartz des rhyolites. Il est possible aussi que certains *tonstein* soient des cinérites, formées par des cendres d'un volcan rhyolitique ou trachytique, cendres tombant dans le bassin houiller et supprimant, pour un temps, la forêt houillère. Mais ces cas où il y aurait, dans l'origine du *tonstein*, une part de volcanisme, me paraissent devoir être rares ; parce que, là où le volcanisme a joué un rôle, il se trahit par d'autres symptômes, par la présence au milieu des sédiments, de coulées, de tufs, de scories éparses ; et que ces symptômes, bien aisément reconnaissables pour un

géologue, semblent dans la Sarre, dans la Loire, dans le Gard, dans les bassins anglais, dans le bassin français du Nord, ou manquer totalement, ou être tout à fait exceptionnels.

Les *tonstein* dans la formation desquels il y aurait une part de volcanisme seraient ceux dont la couleur est la plus claire : tel le 2^e *tonstein* au puits Richard de l'Inspection II ; tels encore les *gores blancs* de la Loire (Patroa, Rive-de-Gier) et du Rhône (sondages des environs de Lyon). Mais je crois qu'il ne pourrait venir à l'idée d'aucun géologue de faire intervenir le volcanisme dans la formation des *fire-clays* anglais, ou des nerfs à leverriérite qui s'intercalent dans les couches de houille de la Loire et du Gard : il paraît évident que, là, toute l'argile est un sédiment terrigène, provenant de l'altération et de la lixiviation de roches feldspathiques quelconques, le plus souvent très antérieures au Carbonifère.

La cristallisation intime qui s'est opérée au sein des fines argiles houillères et qui a donné, suivant les cas, de la leverriérite, de la kaolinite, du mica noir, du mica blanc, peut-être de la chlorite, peut-être de la termiérîte, ne doit pas être considérée comme un phénomène de métamorphisme. C'est un simple phénomène de *diagenèse*, qui s'est effectué dans des conditions très ordinaires de température. Il est probable qu'à toute époque, et pourvu qu'elles fussent suffisamment pures et suffisamment fines, les argiles sédimentaires ont eu cette même tendance à cristalliser après leur dépôt. C'est, je crois bien, dans toutes les séries sédimentaires, et non pas seulement dans les séries houillères, que l'on découvrira des *tonstein*, quand la pétrographie des sédiments aura encore quelque peu progressé.

SUR LA TECTONIQUE DES PRÉALPES ENTRE MEILLERIE ET SAINT-GINGOLPH (HAUTE-SAVOIE)

PAR **E. Peterhans** ¹.

Les carrières de Meillerie et leurs environs immédiats ont attiré depuis longtemps l'attention des géologues.

Au siècle dernier cette région a été successivement étudiée par Escher, Studer, A. Favre, E. Favre, Schardt, Renevier et Lugeon, mais le travail fondamental auquel on devra toujours avoir recours est celui d'Alphonse Favre ².

Les observations si précises de ce grand géologue ont gardé leur valeur, et ses successeurs n'ont apporté que peu de faits nouveaux. Mais les nouvelles conceptions de Schardt et de Lugeon sur la structure des Préalpes rendaient nécessaires de nouvelles recherches. Mes études sur le « Lias de la nappe des Préalpes médianes en Savoie » m'ont amené à faire la revision de la tectonique de ces chaînes, tectonique qui, pour le pays savoyard du haut lac, était encore particulièrement obscure. Je donne donc ici un aperçu succinct de mes recherches, gardant les détails pour une publication future.

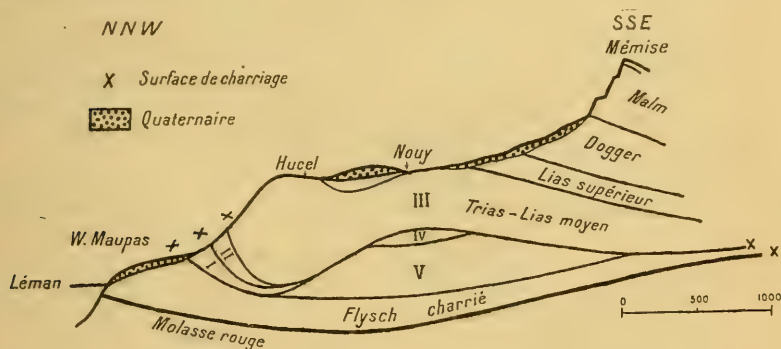


FIG. 1. — COUPE SCHÉMATIQUE DE LA RÉGION DE MEILLERIE.

I Écaille inférieure du Maupas. II Écaille supérieure du Maupas. III Nappe des Préalpes médianes. IV Flanc renversé de la nappe ou reste d'une des écailles du Maupas. V Écaille de Locum.

En se dirigeant de Meillerie vers le Bouveret, de l'W à l'E, on peut aisément étudier 4 unités tectoniques :

1. Cette note a été présentée à la séance du 22 janvier 1923.

2. A. FAVRE. Mémoire sur les terrains liasique et keupérien de la Savoie *Mém. soc. phys. et sc. nat. Genève*, XV, 1859, p. 7-15.

1. Les écaïlles du « Maupas ».
2. La grande nappe dite des « Préalpes médianes », d'où sont arrachées du reste les écaïlles du « Maupas » et de « Locum ».
3. L'écaïlle de « Locum » visible sous un bombement de la nappe.
4. Le soubassement tertiaire, qui n'est d'ailleurs visible qu'au delà de la frontière franco-suisse.

Mes recherches m'amènent à l'établissement des subdivisions stratigraphiques suivantes :

LIAS SUPÉRIEUR	<i>Écaïlles du Maupas.</i>		<i>Nappe et écaïlle de Locum.</i>
	AALÉNIEN.....		2. Schistes gris marneux avec peu de calcaire. 1. Alternance de calcaire gris marneux et de schistes.
LIAS MOY.	TOARCIEEN.....	Calcaire marneux avec schistes, visibles sur un petit espace (Toarcien ?)	Alternance de calcaire gris noduleux marneux et de schistes (Tunnel de la Balme).
	DOMÉRIEN.....	Calcaire foncé siliceux avec intercalations de schistes siliceux.	comme au Maupas.
	PLIENSBAHIEN.	Calcaire foncé siliceux (Domérien et Pliensbachien seulement dans l'écaïlle inférieure).	Calcaire foncé siliceux, par places légèrement spathique, à la base avec des lits schisteux (Maupas, ruisseau des Etalins).
LIAS INFÉRIEUR	LOTHARINGIEN..	2. Calcaire finement spathique. 1. Calcaire en gros bancs, grossièrement spathique, à glauconie, avec bancs rouges intercalés.	Calcaire en gros bancs sans silex, grossièrement spathique, à glauconie ; pâte plus claire que le Sinémurien.
	SINÉMURIEN....	Calcaire lité à pâte foncée finement spathique, avec débris dolomitiques et bandes de silex bleuâtres.	2. Calcaire foncé finement spathique avec bancs de silex, à la base avec des lits schisteux (ruisseau de la Talettaz, carrières de Locum). 1. Schistes calcaires, compacts, grisâtres, siliceux.
	HETTANGIEN...	Calcaire oolithique à pâte jaune, avec calcaires à pâte foncée légèrement spathique.	2. Calcaire oolithique à pâte jaune. 1. Calcaire compact, bien lité, à pâte foncée, à la base avec des lits schisteux (Les Planets, Effeuillasses).

RHÉTIEN.....	Lumachelles, schistes noirs, calcaires dolomi- tiques.	comme au Maupas.
TRIAS SUP.....	Calcaires dolomitiques avec intercalations de schistes verts.	comme au Maupas.

Les écailles du Maupas. — En se dirigeant de Tourronde vers Meillérie par la grande route qui longe le lac, les premiers rochers qu'on atteint, à environ 1 km. à l'W de Meillérie, sont appelés les rochers du Maupas. Deux unités les composent, l'*écaille supérieure du Maupas* et la *nappe des Préalpes médianes* elle-même.

L'*écaille* peut se voir en suivant la voie du P.-L.-M. Elle est constituée par la série complète du Trias au Lotharingien, en couches verticales. Une faille transversale coupe le tout, faisant avancer la partie S d'une vingtaine de mètres de sorte qu'on touche deux fois l'Hettangien, lequel fut exploité en carrière avant la construction du chemin de fer. Le Sinémurien et le Lotharingien forment les parois verticales dominant la voie, qui repose ici sur une construction en pierre.

Il faut quitter la route pour constater la présence de l'*écaille inférieure du Maupas*. Elle n'est visible en effet que sur les pentes qui s'élèvent à l'E de Troubois ; là, sous l'Hettangien de l'*écaille supérieure*, apparaissent quelques couches de Lias supérieur, supportées par le Lias moyen. Le Sinémurien affleure sur la rive gauche du ruisseau qui descend sur Troubois. A l'extrémité SW de ces affleurements, l'*écaille supérieure* disparaît, écrasée. En effet, en montant des Combes à l'Hucel par un des sentiers qui passent au-dessus de Troubois, on peut toucher, immédiatement au-dessus du Domérien de l'*écaille inférieure* (qui plonge de 60° vers le Sud) le Sinémurien de la nappe principale. Ici donc l'*écaille supérieure du Maupas* n'existe plus.

Nappe des Préalpes médianes. — Revenons à la grande route, au pied des rochers du Maupas. En avançant vers Meillérie nous atteignons bientôt un couloir boisé traversé sur un pont par le chemin de fer. Environ à 14 m. à l'W de ce pont nous constatons le contact de l'*écaille supérieure du Maupas*, que nous avons longée précédemment, avec la nappe. Sur le Lotharingien finement spathique de l'*écaille* on remarque une autre série du Lias inférieur très broyée. L'Hettangien directement en contact avec le Lotharingien du Maupas n'a qu'un mètre d'épaisseur, le Sinémurien environ 5 m. ; le Lotharingien ne se trouve qu'en lentilles dont l'une est visible le long de la route au-dessous de la

maisonnette du garde-voie. Suit une grande épaisseur de Pliensbachien, traversé en partie par le tunnel du chemin de fer. Ce Pliensbachien vertical au Maupas, se couche de plus en plus (à l'W de la poste de Meillerie il plonge de 50° vers le NE), passe par l'horizontale et remonte, avec un plongement de 10-20° vers le SW, contre la grande *paroi de la Balme* qui domine la route entre Meillerie et Locum.

Cette paroi se trouve à l'E du ruisseau dit « des Étalins » qui coule immédiatement à côté de la gare de Meillerie. Plusieurs carrières y sont ouvertes dans le Lias moyen. Dans la plus orientale (carrière de la Talettaz) coule un ruisseau, indiqué par la carte et presque toujours à sec. Dans ce ruisseau on peut observer une série complète de l'Hettangien au Pliensbachien. Le Rhétien y existe peut-être mais est encore caché par un peu de moraine, que le ruissellement diminue de plus en plus. La voie du chemin de fer passe en tunnel sous la paroi de la Balme. A la sortie orientale du tunnel, la pente est formée par un immense écoulement (écroulement des Effeuillasses). Au-dessus, la série triaso-liasique est toujours visible. L'Hettangien qui, aux rochers du Maupas, plongeait sous le niveau du lac (375 m.) se trouve, au haut des Effeuillasses, à 720 m. d'altitude, puis redescend à 540 m. dans le ruisseau de Locum. La base de la nappe décrit ainsi un bombement bien accentué, sous lequel nous verrons se placer l'écaille de Locum. A partir du ruisseau de Locum vers l'E nous suivons la paroi du Lias inférieur et moyen cachée dans la forêt jusqu'à Saint-Gingolph.

Au-dessus de l'écroulement des Effeuillasses nous constatons, sous le Trias de la nappe, un peu de calcaire siliceux probablement pliënsbachien. Est-ce un reste d'une des écailles du Maupas, ou bien serions-nous en présence d'un fragment du flanc renversé de la nappe ? On ne peut trancher la question.

Quelques fractures disloquent la paroi entre Meillerie et Saint-Gingolph. Ainsi on voit dans la carrière la plus occidentale de la Balme (carrière de la Menotte) une grande faille (plan de faille plongeant 50-75° N 40 W) qui relève d'environ 50-100 m. les séries du Maupas par rapport à celle de la Balme. La suite de cette faille reparait au haut des Effeuillasses. D'autres failles de moindre importance peuvent être constatées entre Locum et Saint-Gingolph. Citons celle qui passe au-dessus de Bret et une autre, plus considérable, entre Bret et Saint-Gingolph, qui fait disparaître dans le ruisseau dit « Crot au chien » le Sinémurien, le Lotharingien et la plus grande partie du Lias moyen.

L'écaille de Locum. — Nous avons déjà fait remarquer l'existence d'une autre unité sous la nappe des Préalpes médianes. Dans le ruisseau des Étalins, à l'endroit où le funiculaire de la carrière des Étalins traverse le cours d'eau, nous constatons sous le Lias inférieur de la nappe, lequel est du reste caché par des éboulis, l'Aalénien très broyé ; à la sortie E du tunnel de la Balme, on retrouve cet Aalénien avec du Toarcien, plongeant de 80° vers le N. Dans le ruisseau de la Talettaz c'est encore l'Aalénien vertical qui supporte les couches liasiques des Préalpes médianes. Ces terrains font partie de l'écaille de Locum. Dans les carrières de Locum nous touchons toute une série triasoliasique, formant une belle courbure anticlinale. On peut voir le Trias un peu à l'W de l'école de Locum, les étages du Rhétien au Domérien dans les carrières à l'W du village. Le Lias moyen est séparé du Lias supérieur du tunnel de la Balme par l'éboulement des Effeuillasses. De nombreuses failles coupent l'ensemble, dues à la forte pression exercée par la nappe chevauchant sur l'écaille.

Le soubassement tertiaire. — En prenant la route de Saint-Gingolph au Bouveret nous pouvons très bien étudier le soubassement tertiaire, formé par la molasse rouge autochtone et un Flysch charrié. Depuis Saint-Gingolph jusqu'au Fenalet de rares affleurements montrent le Flysch. C'est au Fenalet que la molasse rouge fait sa première

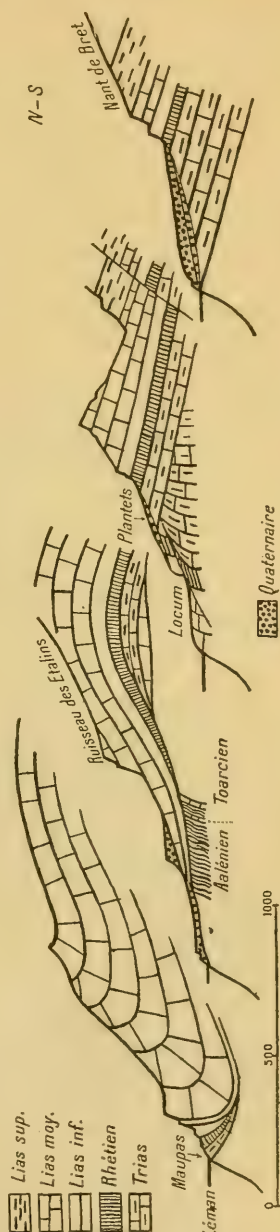


FIG. 2. — Coupes géologiques dans les Préalpes entre Meillerie et Saint-Gingolph.

apparition. Le contact avec le Flysch, bien visible dans la tranchée du P.-L.-M., se fait par une zone de broyage intense; c'est nettement un contact tectonique. Plus loin le Flysch est exploité en carrière. D'épais bancs de grès micacés alternent avec des schistes. De cette carrière jusqu'au Bouveret on ne voit plus le long de la route que la molasse rouge.

Conclusions. — L'étude géologique des environs de Meillerie nous a donc révélé l'existence de trois écaillés sous la nappe des « Préalpes médianes » celle de Locum en arrière, les deux écaillés du Maupas en avant. Le même phénomène se rencontre d'ailleurs un peu partout à la partie frontale de cette nappe, par exemple au Langeneckgrat près de Thoun, au Mont Cubly sur Montreux, etc. Les terrains mollassiques rencontrés par la nappe en marche semblent avoir opposé une forte résistance à son avancement; certaines parties seraient restées comme accrochées au soubassement et auraient été arrachées de la masse de la nappe encore en mouvement. Celle-ci, pour dépasser les obstacles que formaient ces écaillés a dû les surmonter tout en les écrasant, en les entraînant même avec elle. La nappe remonte d'abord le flanc normal de l'écaille de Locum, plonge ensuite dans l'espace libre entre l'écaille de Locum et celles du Maupas pour remonter sur ces dernières.

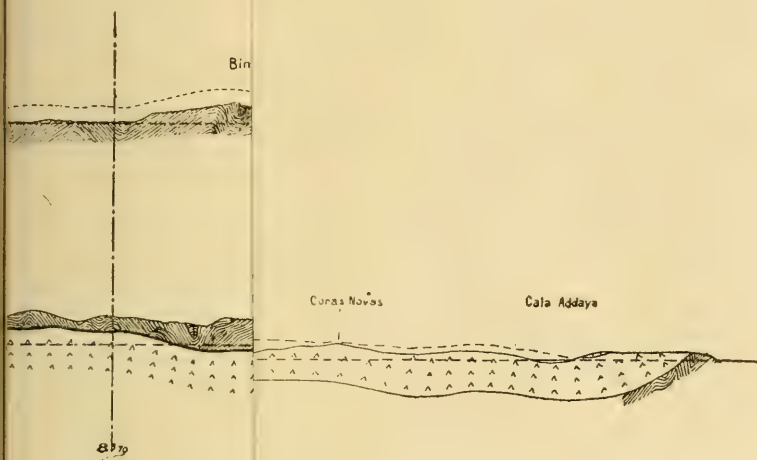
BIBLIOGRAPHIE

1853. B. STUDER. *Geologie der Schweiz*, I et II, II, p. 25, Berne et Zurich.
1859. A. FAVRE. Mémoire sur les terrains liasiens et keupérien de la Savoie. *Mém. Soc. phys. et sc. nat. Genève*, XV, p. 7-15.
1867. A. FAVRE. Recherches géologiques dans les parties de la Savoie, etc., 1-3, 2, p. 74-86. Paris, Masson et fils.
1887. E. FAVRE et H. SCHARDT. Description géologique des Préalpes du Canton de Vaud et du Chablais jusqu'à la Dranse. *Mat. Carte géol. Suisse*, 22 livr., p. 455-57, 461-62, 463, 466.
1892. E. RENEVIER. Aperçu sur la tectonique des Préalpes de la Savoie. *Eclogae*, 3, p. 293-96, Géologie du Chablais et Faucigny-Nord, par Renvier et Lugeon.
1893. E. RENEVIER et M. LUGEON. Excursion dans le Chablais. *Eclogae*, 4, p. 45-52. Planches 3 et 4.
- E. RENEVIER. Géologie des Préalpes de la Savoie. *Eclogae*, 4, p. 53-73.
1894. E. RENEVIER et M. LUGEON. *Carte géol. détaillée 1/80000*. Thonon.
1901. M. LUGEON. Réunion extr. de la Soc. géol. de France à Lausanne et dans le Chablais. *Bull. Soc. géol. de Fr.*, (4), t. I, 1901, p. 688-690.
- M. LUGEON. Les grandes nappes de recouvrement des Alpes du Chablais et de la Suisse. *Bull. Soc. géol. de France*, 4^e s., t. I, 1901, p. 723-823, pl. XIV-XVII.
- 1919-20. A. JEANNET. Das romanische Deckengebirge, Préalpes und Klippen. In Alb. HEIM: *Geologie der Schweiz*. Leipzig, 1921.





CARTE GÉOLOGIQUE DE L'ILE DE MINORQUE



galien

et des longueurs $\frac{1}{50.000}$

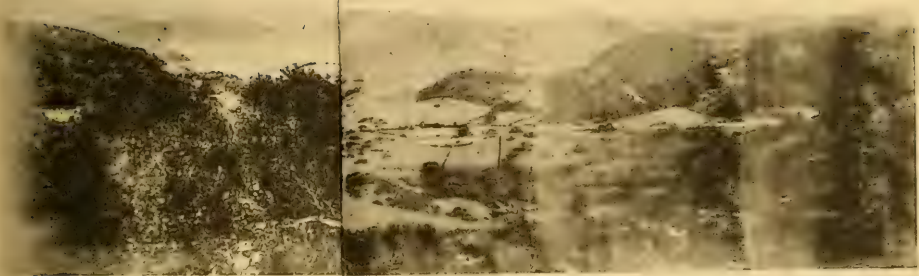
le à trav

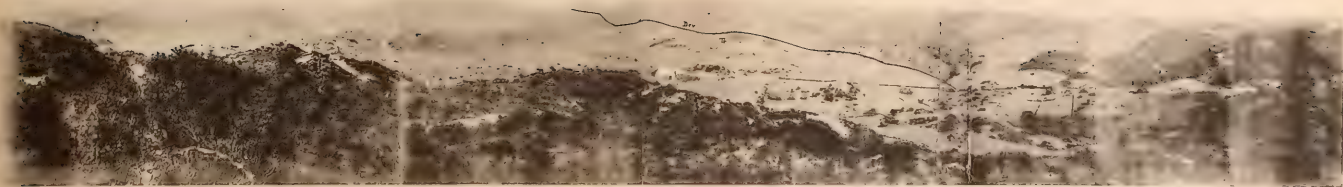
0 G. 50

ère, 5000

Echelle des hauteurs et des longueurs $\frac{l}{50.000}$

1. - Coupe selon le parallèle 40^G. 50
2. - Coupe parallèle à la première, 5000 m. plus au Sud.





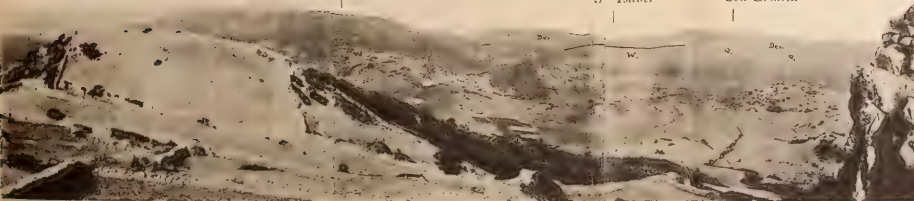
1

pal de Antecristo

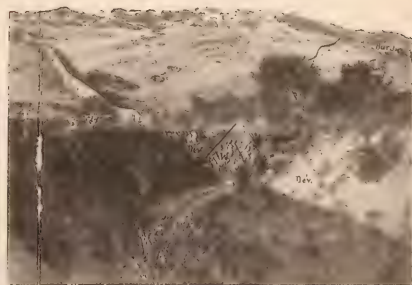
Miloca de Binidenfa

S^a Isabel

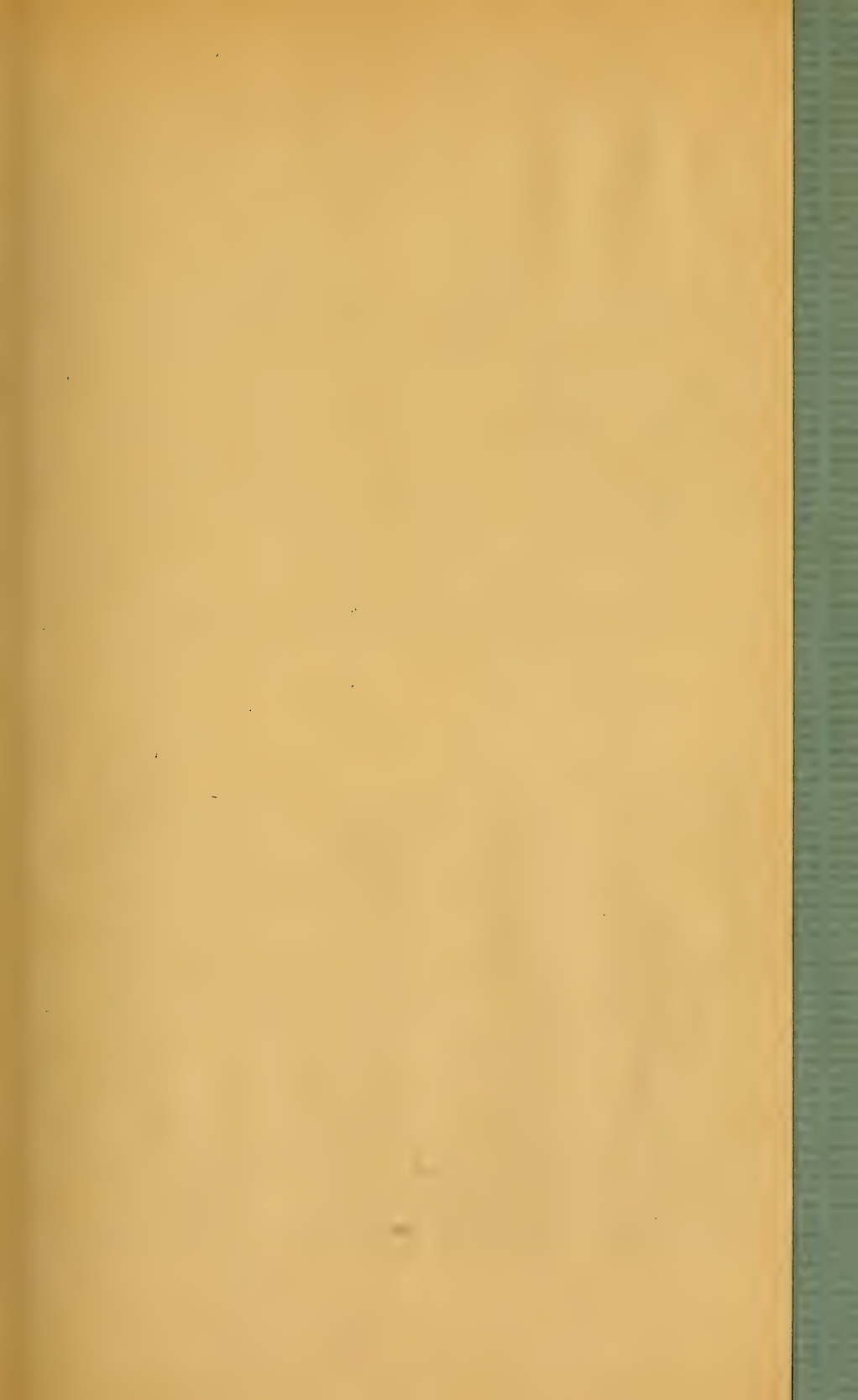
Son Ermita



2



3



Sa Agueda



1



2

MÉMOIRES-GÉOLOGIE

Paraissant irrégulièrement depuis 1833, format in-4° raisin. Prix divers. (50 % pour les Membres de la Société.)

Extrait du Catalogue.

COSSMANN et LAMBERT. Etude paléontologique et stratigraphique sur le terrain oligocène marin des environs d'Etampes. 88 p., 1 tabl., 6 pl.....	20 fr.
COSSMANN. Contribution à l'étude de la faune de l'étage bathonien en France (Gastropodes). 374 p., 18 pl.....	30 »
C. GRAND'EURY. Formation des couches de houille et du terrain houiller. 196 p., 10 pl.....	25 »
H. FILHOL. Etudes sur les vertébrés fossiles d'Issel (Aude).....	20 »
G. COTTEAU. Echinides éocènes de la province d'Alicante. 107 p., 16 pl.....	25 »
P.-L. PREYER. Aperçu géologique sur la colline de Turin. 48 p., 7 fig., 1 carte..	12 »
G. ZEIL. Contribution à l'étude géologique du Haut-Tonkin. — H. LANTENOIS. Note sur la géologie de l'Indo-Chine. — René de LAMOTHE. Note sur la géologie du Cambodge et du Bas-Laos. 80 p., 1 pl., 3 cartes en couleurs	18 »
Général de LAMOTHE. Les anciennes lignes de rivage du Sahel d'Alger et d'une partie de la côte algérienne. 288 p., 3 pl., 1 carte en couleurs	22 50
LÉON CAREZ. Résumé de la Géologie des Pyrénées françaises. 132 p., 1 pl., 6 cartes en couleurs	22 50
Maurice LUGEON. Etude géologique sur le projet de Barrage du Haut-Rhône français à Génissiat (près de Bellegarde). 136 p., 7 pl.....	22 50

MÉMOIRES-PALÉONTOLOGIE

PAR SOUSCRIPTION PAYABLE AVANT L'APPARITION DU VOLUME

Liste des Mémoires qui se vendent isolément :

15. S. STEFANESCU. Etudes sur les terrains tertiaires de la Roumanie; Contribution à l'étude des faunes sarmatique, pontique et levantine. 11 pl., 152 p.....	25 »
19. M. COSSMANN. Contribution à la Paléontologie française des terrains jurassiques (en cours); Gastropodes; Nérinées, 13 pl., 180 p.....	45 »
20. V. POPOVICI-HATZEG. Contribution à l'étude de la faune du Crétacé supérieur de Roumanie; Environs de Campulung et de Sinaia. 2 pl., 22 p.....	12 »
21. R. ZEILLER. Etude sur la flore fossile du bassin houiller d'Héraclée (Asie-Mineure). 6 pl., 91 p.....	50 »
22. P. PALLARY. Sur les Mollusques fossiles terrestres, fluviatiles et saumâtres de l'Algérie. 4 pl., 218 p.....	15 »
23. G. SAYN. Les Ammonites pyriteuses des marnes valanginiennes du Sud-Est de la France (en cours). 6 pl., 69 p.....	25 »
24. J. LAMBERT. Les Echinides fossiles de la province de Barcelone. 9 pl., 128 p.....	25 »
25. H.-E. SAUVAGE. Recherches sur les Vertébrés du Kiméridgien supérieur de Humel (Lot-et-Garonne). 5 pl., 36 p.....	18 »
26. Ch. DEPÉRET et F. ROMAN. Monographie des Pectinidés néogènes de l'Europe et des régions voisines (1 ^{re} partie: genre <i>Pecten</i>) (en cours). 23 pl., 169 p.....	130 »
27. G. DOLLFUS et Ph. DAUTZENBERG. Conchyliologie du Miocène moyen du Bassin de la Loire; Description des gisements fossilifères; Pélécyopodes. 51 pl., 500 p.....	300 »
28. Marcellin BOULE. Le <i>Pachyena</i> de Vaugirard. 2 pl., 16 p.....	20 »
29. V. PAQUIER. Les Rudistes urgoniens. 13 pl., 102 p.....	40 »
30. Ar. TOUCAS. Etudes sur la classification et l'évolution des Hippurites. 17 pl., 128 p.....	45 »
31. Albert GAUDRY. Fossiles de Patagonie: Dentition de quelques Mammifères. 28 p., 42 fig. dans le texte.	15 »
32. Paul LEMOINE et Robert DOUVILLÉ. Sur le genre <i>Lepidocyclus</i> Gümbel. 3 pl., 42 p.....	15 »
33. Ferdinand CANU. Les Bryozoaires du Patagonien. Echelle des Bryozoaires pour les Terrains tertiaires. 5 pl., 30 p.....	15 »

34. Charles EASTMAN. Les types de Poissons fossiles du Monte-Bolca au Muséum d'Histoire naturelle de Paris. 5 pl., 32 p.	15 fr.
35. V. POPOVICI-HATZEG. Les Céphalopodes du jurassique moyen du Mont Strunga (massif de Bucegi, Roumanie). 6 pl., 28 p.	30 "
36. Ar. TOUCAS. Etudes sur la classification et l'évolution des Radiolitidés. 24 pl., 132 p.	60 "
37. Edm. PELLAT et M. COSSMANN. Barrémien supérieur à faciès urgonien de Brouzet-lez-Alais (Gard). 9 fig. texte, 6 pl., 42 p.	20 "
38. Charles JACOB. Etude sur quelques Ammonites du Crétacé moyen. 44 fig., 9 pl., 64 p.	20 "
39. A. PEZANT. Etude iconographique des Pleurotomes fossiles du Bassin de Paris. 5 pl., 30 p.	15 "
40. P.-H. FRITEL. Etudes sur les végétaux fossiles de l'étage Sparnacien du Bassin de Paris. 3 pl., 37 p.	10 "
41. Henri DOUVILLÉ. Etudes sur les Rudistes. Rudistes de Sicile, d'Algérie, d'Egypte, du Liban et de la Perse. 7 pl., 84 pl.	20 "
42. Léon PERVINQUIÈRE. Sur quelques Ammonites du Crétacé algérien. 7 pl., 86 p.	20 "
43. Robert DOUVILLÉ. Céphalopodes argentins. 3 pl., 24 p.	15 "
44. Gustave F. DOLLFUS. Les coquilles du Quaternaire marin du Sénégal. Introduction géologique par A. DEREIMS. 4 fig., 4 pl., 72 p.	16 "
45. Robert DOUVILLÉ. Etude sur les Cardiocératidés de Dives, Villers-sur-Mer et quelques autres gisements. 84 fig., 5 pl., 77 p.	25 "
46. Maurice COSSMANN. Contribution à la paléontologie française des terrains jurassiques (voir mém., n° 14, 19) ; <i>Cerithiacea</i> et <i>Loxonematacea</i> , 14 pl., 264 p.	30 "
47. Lucien MORELLET et Jean MORELLET. Les Dasycladacées du Tertiaire parisien. 24 fig., 3 pl., 43 p.	10 "
48. Robert DOUVILLÉ. Etudes sur les Opelellidées de Dives et Villers-sur-Mer. 31 fig., 2 pl., 26 p.	15 "
49-50. F. PRIEM. Sur des Poissons fossiles et en particulier des Siluridés du Tertiaire supérieur et des couches récentes d'Afrique (Egypte et région du Tchad). — Sur des Poissons fossiles des terrains tertiaires d'eau douce et d'eau saumâtre de France et de Suisse. 9 pl., 30 p.	20 "
51. P. DE BRUN, C. CHATELET et M. COSSMANN. Le Barrémien supérieur à faciès urgonien de Brouzet-lez-Alais (Gard) (v. mém. n° 37). 4 fig., 5 pl., 56 p.	15 "
52. Henri DOUVILLÉ. Le Barrémien supérieur de Brouzet. 20 p., 4 pl.	15 "
53. J. REPELIN. Monographie du genre <i>Lychnus</i> . 23 p., 6 pl.	15 "
54. J. MONESTIER. Ammonites rares ou peu connues et Ammonites nouvelles du Toarcien supérieur du Sud-Est de l'Aveyron. 44 pp., 4 pl.	15 "
55. Maurice COSSMANN. Synopsis illustré des Mollusques de l'Eocène et de l'Oligocène en Aquitaine. 220 p., 15 pl.	70 "
56. J. LEWINSKI. Monographie géologique et paléontologique du Bononien de la Pologne. 11 pl.	50 "
57. F. ROMAN. Monographie de la faune des Mammifères de Mormoiron (Vaucluse) <i>Ludien supérieur</i> . 8 pl., 40 p.	25 "
58. L. et J. MORELLET. Nouvelle contribution à l'étude des Dasycladacées tertiaires. 37 p., 2 pl.	15 "
59. A. BOISSIAK. Sur un nouveau représentant des Rhinocéros gigantesques de l'Oligocène d'Asie, <i>Indricotherium asiaticum</i> n. g., n. sp., 16 p., 3 pl.	5 "

TABLE DES MATIÈRES (TOME XXIII, FASCICULES 1-2)

	Page
Paul Fallot. — Le problème de l'île de Minorque (7 fig., pl. I à IV)	1
Pierre Termier. — Contribution à la connaissance des Tonstein du Houiller de la Sarre	45
E. Peterhans. — Sur la tectonique des Préalpes entre Meillerie et Sain-Gin-golph (Haute-Savoie) (2 fig.)	51

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE
DE FRANCE

CETTE SOCIÉTÉ, FONDÉE LE 17 MARS 1830,
A ÉTÉ AUTORISÉE ET RECONNUE COMME ÉTABLISSEMENT D'UTILITÉ PUBLIQUE
PAR ORDONNANCE DU 3 AVRIL 1832.

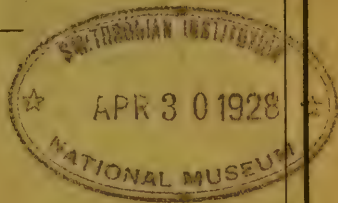
QUATRIÈME SÉRIE

TOME VINGT-TROISIÈME

FASCICULE 3-4.

Feuilles 5-12. — Planches V-VIII.

30 figures et cartes dans le texte.



PARIS
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE
28, rue Serpente, VI

COMPTE DE CHÈQUES POSTAUX PARIS, N° 173-72

1923

EXTRAITS DU RÈGLEMENT DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE

Cotisation : 50 fr. par an.

Membres à vie : 1000 fr. — Membres perpétuels : 2000 fr.

ART. 2. — L'objet de la Société est de concourir à l'avancement de la Géologie en général et particulièrement de faire connaître le sol de la France, tant en lui-même que dans ses rapports avec les Arts industriels et l'Agriculture.

ART. 3. — Le nombre des membres de la Société est illimité. Les Français et les Etrangers peuvent également en faire partie. Il n'existe aucune distinction entre les membres.

ART. 4. — Pour faire partie de la Société, il faut s'être fait présenter dans une de ses séances par deux membres qui auront signé la présentation¹ et avoir été proclamé dans la séance suivante par le Président.

ART. 42. — Pour assister aux séances, les personnes étrangères à la Société doivent être présentées chaque fois par un de ses membres.

ART. 46. — Aucune communication ou discussion ne peut avoir lieu sur des objets étrangers à la Géologie ou aux sciences qui s'y rattachent.

ART. 48. — Chaque année, de juillet à novembre, la Société tiendra une ou plusieurs séances extraordinaires sur un point qui aura été préalablement déterminé.

ART. 53. — Un Bulletin périodique des travaux de la Société est délivré gratuitement à chaque membre.

ART. 54. — La Société publie en outre des *Mémoires*, qui ne sont pas distribués gratuitement aux membres.

ART. 55. — Tous les travaux destinés à l'impression doivent être inédits et avoir été présentés à une séance.

ART. 75. — Les auteurs peuvent faire faire à leurs frais, en passant par l'intermédiaire du Secrétariat, un tirage à part des communications insérées au Bulletin.

ART. 94. — Les ouvrages, conservés dans la Bibliothèque de la Société, peuvent être empruntés par les membres... (*Service des prêts*).

1. Les personnes désirant faire partie de la Société et ne connaissant aucun membre pour les présenter peuvent adresser une demande au Secrétariat, en exposant les titres qui justifient de leur admission.

TABLEAU DES SÉANCES EN 1924

Les séances ont lieu les Lundi à 16 heures 30, aux dates suivantes :

JANVIER	FÉVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	NOVEMBRE	DÉCEMBRE
7	4	3	7	5	2	3	1
21	18	17	28	19	23	17	15

A. PROPOS DE L'ÂGE DU SOULÈVEMENT DE LA CORDILLÈRE DE BOLIVIE

PAR **Roman Koslowski**¹.

PLANCHE V

Dans une note récente, le professeur Steinmann² fait une critique des données sur lesquelles se sont basés les auteurs américains E. W. Berry³ et Ch. Schuchert pour admettre que la Cordillère de Bolivie a été soulevée au Pliocène, depuis le niveau de la mer jusqu'à son altitude actuelle. D'après Steinmann, la Discine fossile, recueillie près de Potosi, à une altitude d'environ 4400 m. que Schuchert a décrit sous le nom de *Discinisca Singewaldi*, en la considérant voisine de *Discinisca lamellosa* BRODERIP vivante le long des côtes occidentales de l'Amérique du Sud, appartient en réalité au genre *Orbiculoidea* et provient du terrain silurien. Elle ne constituerait, par conséquent, aucune preuve du soulèvement si récent et si considérable de la Cordillère.

Au cours d'une excursion à Potosi, vers la fin de 1919, j'ai eu l'occasion d'étudier la région. Je ne puis que confirmer l'observation de Steinmann en ce qui concerne la position stratigraphique de l'horizon à Discines : il se trouve nettement au-dessous des couches contenant les plantes fossiles. A l'endroit où j'ai trouvé les Discines (pente occidentale de la montagne de Potosi, en bas de la mine Carrasco), la couche qui les contient supporte en *concordance apparente* la formation tuffacée à plantes. Les roches des deux niveaux se ressemblent : Toutes les deux sont blanchâtres et contiennent des grains de quartz unis par un ciment sériciteux et argileux. Examinée en lames minces, la roche à plantes montre un fond argileux, au milieu duquel se trouvent disséminées des paillettes de séricite, des fragments anguleux, très fins (0,05 mm.) de quartz et des particules de matière charbonneuse. La roche à Discines se

1. Note présentée à la séance du 5 février 1923.

2. STEINMANN G. Ueber die junge Hebung der Kordillere Südamerikas. *Geologische Rundschau*, Bd. XIII, Aeft 1.

3. BERRY E. W. Fossils plants from Bolivia and their bearing upon the age of uplift of the Eastern Andes. *Proced. U. S. Nat. Mus.*, vol. 54, 1919 ; publié séparément le 27 octobre 1917.

compose des grains de quartz, d'environ 0,5 mm., unis par un ciment de sérécite, peu abondant ; elle ne renferme aucune trace de substance carbonneuse.

Mes échantillons de *Discina* appartiennent certainement à



Fig.1.— *Orbiculoida Singewaldi*
SCHUCHERT.

Valve dorsale vue du côté externe et un fragment de la valve ventrale montrant la face interne avec le bourrelet pédonculaire (b. p.), Gr. $\times 2/1$.

l'espèce décrite et figurée par Schuchert : leur valve dorsale a un crochet submarginal et un aplatissement postérieur en forme d'aréa ; son bord postérieur est légèrement tronqué et sa surface est couverte de fortes lamelles concentriques. J'ai eu la chance de trouver aussi un fragment de la valve ventrale montrant la face interne, laquelle n'a pas été étudiée par Schuchert, ni par

Steinmann. Or, sur cet échantillon, on distingue nettement un bourrelet pédonculaire, mais on constate l'absence de toute trace de septum et de callosité interne (*internal pedicle-area*) qui entoure le foramen chez *Disciniscia*. Il est donc évident que le fossile en question n'est pas une *Disciniscia*, comme pensait Schuchert, mais une *Orbiculoidea*, et comme tel appartient avec toute probabilité au terrain paléozoïque, conformément à la conclusion à laquelle est arrivée Steinmann.

La formation tertiaire à plantes aurait, d'après Steinmann, été plissée avec les terrains plus anciens de la Cordillère. J'ai pu observer que la concordance entre la formation à plantes et les couches paléozoïques sous-jacentes n'est qu'apparente et s'observe là où ces dernières sont à peu près horizontales, comme c'est le cas de l'endroit où se trouve le gisement à *Discines*. Partout ailleurs, vers l'Ouest et le Sud-Ouest du massif de Potosi, il y a en général une discordance angulaire très nette entre les deux formations, les couches tertiaires restant presque horizontales et les schistes et grès paléozoïques plongeant de 60 à 75° vers l'Ouest ; en outre, la surface sur laquelle repose la formation tertiaire est le plus souvent fortement ravinée. La forte inclinaison (jusqu'à 70° W) des couches tertiaires ne se voit que près du massif éruptif et doit être attribuée au soulèvement sous l'action du magma intrusif, car, à mesure qu'on s'éloigne de la ligne de contact, elle diminue et, à une distance dépassant 1000 m., les couches restent approximativement horizontales. Donc, à mon avis, cette formation tertiaire est postérieure à la phase principale de plissement de la Cordillère et s'est déposée après que les couches plissées des terrains plus anciens (paléo-

zoïques et crétacés) aient subi une érosion prolongée. La dislocation relativement faible de la formation tertiaire et l'aspect tout à fait moderne de sa flore militent en faveur de son âge récent.

Quant à l'altitude à laquelle s'est déposée cette formation, les déductions qu'on a cru pouvoir tirer de la présence d'une *Discinisca* devant être écartées, on ne peut utiliser que les données fournies par la flore fossile. Malheureusement, les plantes fossiles ne donnent à ce sujet que des renseignements assez discutables, les mêmes espèces végétales pouvant se présenter à des altitudes très variables suivant les conditions climatiques locales. Néanmoins, je signalerai une observation assez suggestive.

La formation tertiaire de Corocoro, connue sous le nom de « formation de las vetas », a fourni à Berry¹ une flore très semblable à celle de Potosi (19 espèces identiques sur 23 décrites).

Ses affleurements occupent une grande étendue dans la partie occidentale du bassin interandin, à une altitude moyenne de 4000 m. Dans la région de Chacarilla (environ 50 km. de Corocoro); en outre de plantes fossiles représentées par des feuilles, cette formation contient souvent des fragments de bois silicifié. M. le professeur Henri Lecomte a eu l'obligeance d'examiner à ma demande les coupes microscopiques d'un échantillon de ce bois. D'après ce savant botaniste, la structure du tissu parenchymateux autour des vaisseaux indique qu'il s'agit très probablement d'une Césalpiniée (groupe dont Berry a trouvé, à Corocoro, quatre espèces à l'état des feuilles). En outre, ce bois ne montre presque aucune trace d'arrêts de croissance correspondant à la saison froide et a dû croître, par conséquent, dans un climat chaud, sans oscillations thermiques annuelles sensibles.

Il me paraît, qu'on en doit conclure, qu'à l'époque du dépôt de la formation de « las vetas », le climat de la région où elle affleure était très différent de ce qu'il y est aujourd'hui, car actuellement l'hiver y est assez rigoureux et il gèle presque toutes les nuits pendant 6 à 8 mois. Mais, faut-il attribuer ce changement de climat à une augmentation considérable d'altitude ou serait-il plus légitime d'admettre qu'à l'époque de la flore de la formation de « las vetas », la température générale

1. BERRY E. W. et SINGEWALD J. T. The geology of the Corocoro Copper District of Bolivia. *The Johns Hopkins University Studies in Geology*, Baltimore, n. 1, 1922, p. 39-42.

de la surface de la terre était sensiblement plus élevée qu'aujourd'hui et que, même à des grandes altitudes, l'hiver était assez doux dans la zone intertropicale (le gisement de Chacarilla se trouve à environ $17^{\circ} 40'$ de lat. S et à près de 4000 m. d'altitude) pour permettre une croissance continue des plantes ?

Si l'âge de cette flore est vraiment pliocène, ce qui serait hors de doute d'après Berry, on pourrait presque négliger cette dernière cause, car la température générale de la terre au Pliocène ne devait pas se distinguer beaucoup de la température actuelle. Dans ce cas, l'hypothèse d'un soulèvement très important dans la Cordillère des Andes à la fin de l'ère tertiaire pourrait seule expliquer le changement climatique survenu.

Les études géomorphogéniques faites dans les Andes de la Bolivie et du Pérou par Isaiah Bowman¹ ont apporté de nombreux faits qui plaident en faveur d'un tel soulèvement. D'après ce géographe, à la phase de plissement a succédé dans les Andes centrales une période d'érosion, à la fin de laquelle la chaîne a été réduite à l'état de pénéplaine. Des restes peu disséqués de pénéplaine occupent de vastes étendues dans la Cordillère occidentale et, quoique plus fragmentaires, existent également dans la Cordillère orientale. Les exemples les plus nets que j'en ai observés existent dans la région comprise entre Oruro, Sacaca et Uncia, à une altitude d'environ 4500 m. Les couches paléozoïques et crétacées plissées y sont coupées par une surface d'érosion à peine ondulée, s'étendant sur plusieurs dizaines de kilomètres et sur laquelle reposent des tufes et des laves dacitiques, probablement pliocènes (certainement antéglaciaires) en bancs horizontaux.

La dissection de la pénéplaine s'est effectuée, d'après Bowman, en deux cycles correspondant à deux phases de soulèvement postérieures à la pénéplanisation.

Comme je l'ai dit plus haut, la formation tertiaire dans les Andes de Bolivie est dans son ensemble discordante sur les terrains paléozoïques et crétacés plissés. Elle a dû se déposer après le plissement de ces derniers terrains, dans le laps de temps correspondant aux phases de soulèvement et d'érosion qui lui ont succédé. Au début, le soulèvement a dû être accompagné de mouvements tangentiels, tout au moins dans la région centrale du bassin interandin où les couches inférieures — celles qui m'ont fourni le bois silicifié à Chacarilla — forment

1. BOWMAN I. The Physiography of the Central Andes (*Amer. Journ. Science*, vol. XXVIII, 1909) et The Andes of Southern Peru, New York, 1916 (publié par *Amer. Geograph. Soc. of New York*).

un large anticlinal au centre duquel elles restent verticales. Mais, à mesure qu'on monte dans la série, la dislocation des couches devient de moins en moins forte et, dans la partie supérieure on n'observe que des inclinaisons faibles accompagnées de failles.

Les plantes que fournissent les couches inférieures de la formation tertiaire (Corocoro, Chacarilla) indiquent un climat uniformément chaud durant l'année. Par contre, les plantes que j'ai recueillies dans les couches supérieures de cette formation, à Jancocata (près de Santiago, dép¹ La Paz), indiqueraient d'après Berry¹ une température pas trop différente de celle d'aujourd'hui, mais une humidité plus grande. Ces conclusions s'accordent avec l'idée d'un soulèvement progressif de la région andine concomitant avec le dépôt de l'ensemble de la formation tertiaire. Ses couches inférieures se seraient déposées à une altitude probablement inférieure à 1000 m. c'est-à-dire à un niveau où dans la zone tropicale les variations annuelles de température n'arrivent pas à produire des différences entre la structure du bois d'automne et du bois de printemps. Ces couches ont encore subi les effets du contre-coup du plissement andin. Les couches supérieures se seraient formées à une altitude beaucoup plus grande et n'ont été par suite que faiblement disloquées.

J'ajouterai, que les terrains qui renferment dans différentes localités du bassin interandin (Calacoto, Ulloma, Ouest de Chacarilla, Paria), à une altitude de près de 4000 m., des restes de grands Mammifères fossiles, reposent en discordance très nette sur l'ensemble de la formation tertiaire à plantes. Leurs couches sont parfaitement horizontales et ont dû se déposer après ou tout à fait vers la fin de la phase du soulèvement de la Cordillère, à une altitude probablement peu différente de celle qu'elles occupent aujourd'hui.

1. BERRY, EDWARD W. Contribution to the Palæobotany of Peru, Bolivia and Chile. *Johns Hopkins University Studies in Geology*, n. 4. Baltimore, 1922, p. 205.

EXPLICATION DE LA PLANCHE V

FIG. 1. — Bois silicifié de la formation tertiaire de « las retas » de Chacarilla.

Section transversale montrant trois anneaux d'accroissement annuel, dont les limites (3 lignes verticales) sont à peine marquées ($\times 13$).

FIG. 2. — Schiste tuffacé tertiaire de Cero de Potôsi. Grains de quartz (blancs) et fragments de matière charbonneuse (noirs) unis par un ciment (gris) argileux et sériciteux. Lumière naturelle ($\times 50$).

FIG. 3. — Grès micacé paléozoïque à *Orbiculoidea Singevaldi* SCHUCHERT, Grains de quartz (blancs) unis par un ciment (gris) de séricite. Lumière nat. ($\times 50$).

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES CORALLINACÉES FOSSILES

VI. LES MÉLOBÉSIIÉES DU CALCAIRE PISOLITHIQUE
DU BASSIN DE PARISPAR M^{me} Paul Lemoine¹

PLANCHE VI.

Les mers montiennes du Bassin de Paris paraissent avoir offert des conditions favorables à l'existence des Mélobésiées : les divers gisements de Calcaire pisolithique, Meulan, Vigny, Montainville, Ambleville, m'en ont fourni des échantillons intéressants ; et si l'état actuel du gisement de Meudon ne permet plus de les y rechercher, nous savons que Munier-Chalmas en faisait récolter par ses élèves. Seules, les localités montiennes de Laversines et du Mont-Aimé n'ont pas montré jusqu'ici d'Algues calcaires.

La formation montienne, terme de passage entre le Crétacé et le Tertiaire, préoccupe à juste titre les géologues, qui, dans de nombreuses discussions, ont cherché à élucider la question des affinités crétacées ou tertiaires des fossiles montiens.

Tandis qu'au Crétacé une seule espèce a vécu dans le Bassin de Paris, *Archæolithothamnium lycoperdoides* MICH. (= *A. cenomanicum* ROTHPL.), quatre espèces au moins existaient au Montien ; ces espèces disparaîtront dans cette région à l'aurore des temps tertiaires² et l'on ne connaît de nouveau de Mélobésiées qu'à l'époque des faluns de Touraine.

Il est fort curieux de constater l'absence des Mélobésiées et même des Corallinacées en général dans les mers éocènes à Nummulites du Bassin de Paris, si riches au contraire en Dasycladacées ; il faut en chercher la cause soit dans la dessalure des eaux, soit dans une profondeur insuffisante ; car pendant cette même période les Mélobésiées vivent avec les Nummulites dans le Nummulitique des Alpes, d'Italie, d'Espagne, du Nord de l'Afrique, et même du Midi de la France.

1. Note présentée à la séance du 19 février 1923.

2. La seule espèce du Tertiaire inférieur signalée dans le Bassin de Paris est le *Nullipora granulosa* MICHELIN trouvée à Ecos et Vernon (Eure). Or l'étude d'une coupe de l'échantillon type de Michelin montre que ce fossile n'a aucune structure organisée et doit être considéré comme une concrétion.

Lés espèces montiennes que je vais étudier sont dans un très bel état de conservation : plusieurs échantillons, en particulier l'un de ceux de Vigny, sont abondamment fructifiés. J'ai reconnu dans des échantillons de Meulan l'espèce découverte par Gümbel à Meudon et décrite sous le nom de *Lithothamnium parisiense* ; ainsi que je le montrerai, il s'agit en réalité d'un *Archæolithothamnium* ; le genre *Lithothamnium* lui-même est représenté par trois espèces que j'ai nommées *Lithothamnium montainvilense* de Montainville, *Lithothamnium applanatum* de Vigny, et *Lithophyllum vignyense* de Vigny. Dans une section mince d'une roche montienne de Ambleville (S.-et-O.) j'ai observé la présence de *Lithophyllum vignyense* ; ceci me fait espérer que chacune des espèces sera retrouvée également dans d'autres gisements et je souhaite qu'on les y recherche à l'avenir.

A titre de comparaison j'ai étudié une espèce montienne du tuffeau de Ciply en Belgique, mais je n'en parlerai pas ici, car elle n'a aucune parenté avec les espèces du Bassin de Paris.

1) *Archæolithothamnium parisiense* (GUMBEL) LEM.

Lithothamnium parisiense GÜMBEL. Die sog. Nulliporen Erster Theil. Abh. des K. bayer. Akad. d. Wiss. II, band XI, Abh. I. München 1871, p. 32, pl. II, fig. 8 a-b ; ROTHPLETZ. Zeitschr. Deutsch. geolog. Gesellsch. band XLIII, heft 2, 1891, p. 304.

Gümbel a figuré de petites branches courtes provenant de « la Craie à pisolithes des environs de Paris » et les a nommées *Lithothamnium parisiense*. Munier-Chalmas connaissait l'espèce de Gümbel, et sans doute est-ce celle qu'il recueillait à Meudon ; mais il n'en a donné aucune description ¹, et aucun échantillon d'Algue calcaire du Bassin de Paris ne figure dans la collection de la Faculté des Sciences de Paris.

Il n'est plus possible à présent de rechercher à Meudon les espèces qu'on pouvait encore y trouver vers 1900 ; mais, ainsi qu'on le verra en comparant les figures, je crois avoir retrouvé l'espèce de Gümbel (reproduite ici Pl. VI, fig. 2) dans des échantillons recueillis à Meulan. Ce sont (Pl. VI, fig. 1 a à 1 f) de petits thalles de 6 à 8 mm. de longueur, en forme de courtes branches, soit simples, soit bifurquées, de 2 à 3 mm. de diamètre à la base et de 5 mm. au sommet ; Gümbel indiquait pour ses propres échantillons 3 à 4 mm. pour les branches principales.

1. Voici la phrase de Munier-Chalmas concernant ces Algues : « ...dans les faciès à Foraminifères (couches à *Turritella montensis*), avec des *Lithothamnium* rares et isolés désignés souvent sous le nom de pisolithes. Une espèce a été décrite par Gümbel sous le nom de *parisiense* » (MUNIER-CHALMAS, B. S. G. F., [3], t. XXV, p. 85, 1897).

Ces branches se sont montrées stériles, de même d'ailleurs que celles étudiées par Gumbel. Les cellules mesurent en coupe 10 à 30 μ de longueur et 8 à 20 μ de largeur et sont disposées en rangées; ces dimensions ne correspondent pas à celles de Gumbel; mais celles-ci sont en général tellement inexactes que Rothpletz a dû les rectifier, chaque fois qu'il a eu l'occasion de réétudier les plaques minces de Gumbel.

Dans le même gisement de Meulan, j'ai recueilli d'autres échantillons de même structure qui me paraissent très vraisemblablement représenter les états évolutifs de cette même espèce.

2) Des échantillons de 2 cm. figurés (Pl. VI, fig. 1 i et 1 j) ont l'aspect de croûtes dont la surface est pourvue de mamelons ou sortes de jeunes branches de 3 à 5 mm. de hauteur et 3 à 5 mm. de diamètre; si ces jeunes branches étaient séparées de la croûte

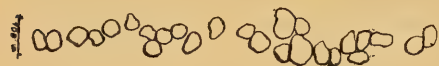
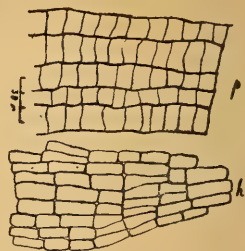


FIG. 1. — SPORANGES D'UNE CROÛTE MAMELONNÉE DE *Arch. parisiense*. — Echantillon figuré, Pl. VI, fig. 1 i.

FIG. 2. — TISSU DE LA MÊME CROÛTE QUE FIG. 1. h, hypothalle; p, périthalle (région périphérique).



dont elles font partie, personne n'hésiterait à les rapporter à la branche figurée par Gumbel et à leur donner le nom de *parisiense*; aussi suis-je convaincue que ces échantillons représentent l'aspect normal de l'espèce dont les branches isolées ne sont qu'un fragment; il est à remarquer d'ailleurs que la structure des branches isolées est beaucoup moins bien conservée que celle des branches adhérentes aux croûtes, et qu'il en est ainsi dans les espèces actuelles chaque fois que les branches sont roulées par la mer.

Une section mince à travers un de ces mamelons de l'échantillon figuré (fig. 1 i), montre que les dimensions de cellules sont très voisines de celles des cellules des branches isolées. Les cellules de la région centrale mesurent 15 à 20 μ de longueur, plus rarement 20 à 32 μ , et 10 à 28 μ de largeur; les cellules de la région périphérique dans laquelle se trouvent les sporanges mesurent 8 à 20 μ de longueur et 8 à 22 μ de largeur, elles sont figurées (fig. 2).

Dans ces thalles j'ai eu la chance d'observer les sporanges; leur dimension est de 40 à 80 $\mu \times$ 50 à 60 μ ; leur aspect caracté-

ristique m'a conduit à ranger ces échantillons dans le genre *Archæolithothamnium*.

3) Enfin, dans le même gisement, on trouve des croûtes mamelonnées de 1 cm. à 1 cm. 1/2 (figurées Pl. VI, fig. 1 g et 1 h) dont l'épaisseur n'est que 2 à 4 mm. ; les mamelons sont indiqués, mais ne sont pas encore différenciés en jeunes branches ; ces croûtes représentent un stade encore plus jeune que le stade précédent 2.

En coupe le tissu est composée de rangées de cellules de 15 à 30 μ . de longueur, atteignant 35 μ . dans la partie interne (fig. 3). Au milieu du tissu sont les sporanges, du type *Archæolithothamnium*, qui mesurent 50 à 100 μ . de hauteur et 30 à 50 μ . de largeur ; la plupart ont 75 μ . (fig. 4).



FIG. 3. — TISSU PÉRITHALLIEN (PARTIE INTERNE) D'UNE CROÛTE JEUNE DE *A. parisiense*. Echantillon figuré Pl. VI, fig. 1 h.



FIG. 4. — SPORANGES DE LA MÊME CROÛTE QUE FIG. 3.

En résumé je pense que ces divers échantillons appartiennent à une même espèce qui, à l'état adulte, devait former une croûte mamelonnée avec de courtes branches ; celles-ci, encore adhérentes au thalle lorsqu'elles ont moins de 5 mm. de hauteur (stade 2), ont au contraire été détachées de leur base lorsqu'elles atteignaient 5 à 10 mm., et se récoltent alors à l'état isolé. La formation des organes reproducteurs serait limitée à la croûte basilaire ou aux branches jeunes ; c'est pourquoi ils n'auraient pas été jusqu'ici observés dans les branches détachées. La structure est analogue dans les trois sortes d'échantillons, les cellules sont disposées en rangées, et leur dimension est sensiblement la même dans les trois cas.

L'hypothalle, peu développé, observé dans une croûte pourvue de mamelons, est formé de files rigides dont les cellules mesurent 17 à 30 μ . de longueur, de 7 à 10 μ . de largeur (fig. 2). La structure de l'hypothalle, du périthalle, et celle des organes reproducteurs concordent pour faire classer cette espèce dans le genre *Archæolithothamnium*. L'analogie d'aspect des branches avec l'espèce de Gumbel m'a conduit à faire rentrer ces échantillons dans le *L. parisiense* GUMB. que je désigne par suite sous le nom de *Arch. parisiense* GUMB. (LEM.).

Cette espèce paraît se différencier nettement des espèces cré-

tacées décrites par Rothpletz, et en particulier de l'*Arch. cenomanicum* du Crétacé de la Sarthe, que j'ai eu l'occasion d'étudier.

Arch. parisiense serait au contraire très voisine d'une espèce du Crétacé supérieur de Fresville (Manche) dont je n'ai observé que des débris dans une plaque mince d'un calcaire noduleux que m'a communiqué M. H. Douvillé; les cellules du tissu mesuraient 23 à 35 μ . de longueur et 8 à 20 μ . de largeur, et les sporanges 70 à 110 μ . $\times$ 40 à 50 μ . Cette espèce serait à rechercher dans ce faciès du Crétacé de la Manche.

Lithothamnium applanatum n. sp.

Le Calcaire pisolithique de Vigny (S.-et-O.) m'a fourni plusieurs échantillons d'une espèce qu'on trouvera figurée (Pl. VI, fig. 3); à la surface de fragments de roches, on observe des croûtes planes ou légèrement ondulées, d'une épaisseur maximum

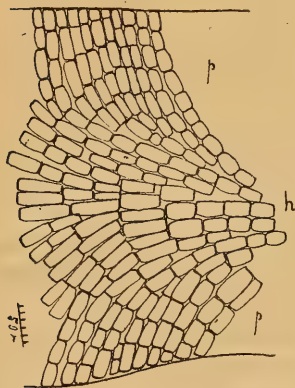


FIG. 5. — COUPE D'UNE CROÛTE DE *L. applanatum*.

de 3/4 de mm.; la surface, unie, montre des sortes de stries concentriques. Une section de la roche montre qu'elle est constituée par plusieurs thalles superposés de cette même espèce; les uns n'ont que 200 μ . d'épaisseur, d'autres sont plus épais, mais chacun d'eux a une épaisseur constante sur toute sa longueur, aussi leur section verticale a-t-elle une allure régulière, tout en étant souvent ondulée. Ceux dont l'épaisseur n'est que de 200 à 250 μ . ne sont constitués que par l'hypothalle formé de grandes cellules rectangulaires ou rectangulaires-ovoïdes, ayant jusqu'à

65 μ . de longueur; leur dimension moyenne est de 15 à 45 μ . $\times$ 12 à 22 μ .

Dans les thalles de 300 à 800 μ . d'épaisseur, l'hypothalle occupe la partie médiane, ses files se recourbent avec régularité vers la partie supérieure, de même que vers la partie inférieure, pour constituer deux périthalles identiques. Cette disposition est, à l'époque actuelle, caractéristique de certaines espèces crustacées qui reposent sur le substratum sans y adhérer. Les cellules du périthalle sont semblables à celles de l'hypothalle, mais elles ne paraissent pas dépasser 45 μ .

En résumé l'espèce est caractérisée par la grandeur de ses

cellules et par l'uniformité d'aspect des cellules de l'hypothalle et du périthalle.

La seule espèce avec laquelle elle ait des caractères communs est *Lithothamnium Philippii* FOSL., qui vit à l'époque actuelle en Méditerranée et aux Canaries, et que j'ai signalée pour la première fois à l'état fossile dans le Quaternaire de Calabre¹, d'après les matériaux de M. Gignoux.

Lithothamnium montainvillense n. sp.

La collection de géologie du Muséum d'Histoire naturelle renferme un échantillon intéressant provenant de Montainville (S.-et-O.) ; à la surface d'un morceau de roche de 13 cm. $\times$ 10 cm. environ, on observe un *Lithothamnium* formant une croûte peu épaisse d'environ 1/2 à 2 mm. d'épaisseur (Pl. VI, fig. 5) ; cette croûte a épousé les inégalités de la surface de la roche, et forme en certains points de sortes de petits mamelons peu proéminents de 3 mm. de hauteur et 2 à 5 mm. de diamètre.

La structure n'est pas très bien conservée ; on constate cependant (fig. 6) que la croûte est composée d'un hypothalle peu développé formé de cellules de 6 à 18 μ . de longueur et 5 à 6 μ . de largeur ; le périthalle qui le surmonte est formé de cellules de 4 à 10 μ . de longueur et 7 à 15 μ . de largeur, atteignant exceptionnellement 12 μ . de longueur ; ces cellules sont souvent carrées ou même aplaties et plus larges que hautes. Le premier tissu périthallien ne dépasse pas 150 à 200 μ . d'épaisseur ; la croissance subissait à ce moment un temps d'arrêt, très visible sur la préparation, et un nouveau périthalle succédait au premier ; l'épaisseur de la croûte est atteinte par la formation superposée de plusieurs périthalles séparés par une ligne indiquant l'arrêt de croissance subi par l'Algue.

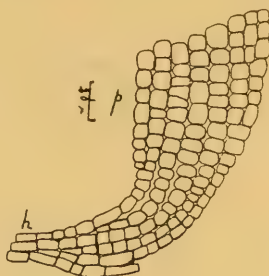


FIG. 6. — PORTION D'UNE SECTION DE LA CROÛTE DE *Lithothamnium montainvillense*.

Lithophyllum vignyense n. sp.

Dans les parties sableuses du Calcaire pisolithique de Vigny, j'ai recueilli un échantillon fructifié de cette espèce nouvelle (Pl. VI, fig. 4). Elle forme une croûte d'environ 3 cm. de diamètre, d'épais-

1. B. S. G. F., [4], XIX, p. 102, 1919.

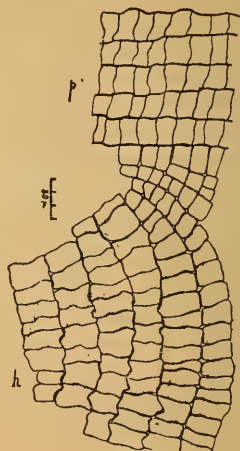
seur maximum de 1 mm., crénelée aux bords; la surface, ondulée, montre quelques petites excroissances de 1 mm., semblables à des débuts de tiges, éparses. Cette croûte est parsemée de nombreux conceptacles arrondis ou souvent déformés par leur juxtaposition; on les devine dans la partie inférieure de la figure; les uns ont un toit plat, faiblement bombés, d'autres sont percés d'un petit orifice, d'autres, sans doute à un stade plus avancé ont une partie déprimée au centre; ils mesurent 400 à 700 μ . de diamètre.

La croûte montre une section d'une épaisseur très irrégulière; dans les parties les plus minces (jusqu'à 300 μ . d'épaisseur environ), elle est constituée par l'hypothalle formé de rangées concentriques de cellules de 20 à 45 μ .; comme les cloisons tangentiellles sont très minces, cette disposition s'efface lorsqu'on

FIG. 7. — COUPE D'UNE CROÛTE DE *L. vignyense*. h, hypothalle; p, périthalle.



FIG. 8. — COUPE SCHÉMATIQUE D'UN CONCEPTACLE DE *L. vignyense*. sp, sporange; o, orifice de sortie des spores.



l'observe au fort grossissement. Vers la partie supérieure de l'hypothalle quelques cellules plus petites indiquent le début du périthalle; celui-ci est plus ou moins développé suivant l'épaisseur de la croûte; il est formé de rangées régulières séparées par des cloisons horizontales continues et épaissies; les cellules ont 10 à 30 μ $\times$ 8 à 20 μ , fréquemment 12 à 25 μ $\times$ 8 à 20 μ .

Dans un fragment de croûte j'ai observé une coupe verticale de conceptacle renfermant quatre sporanges de 160 μ . de longueur et 55 à 75 μ . de largeur; trois de ces sporanges sont surmontés de canaux de sortie; ce caractère est presque généralement l'apanage des espèces du genre *Lithothamnium*; mais dans *L. vignyense* la structure est absolument caractéristique de celles du genre *Lithophyllum*. A l'époque actuelle quelques

rares espèces telles que *L. lichenoides* PHIL. montrent la réunion des caractères de ces deux genres ; il est très curieux de constater à l'époque montienne cette même singularité.

Il est probable que la même espèce vivait à Ambleville (S.-et-O.). Dans une section mince d'une roche montienne de cette localité que m'a communiquée M. Fritel, assistant au Muséum d'Histoire naturelle, j'ai observé une coupe tout à fait semblable à celle de *L. vignyense* de Vigny ; cette coupe, d'une épaisseur de 375 μ , est constituée par l'hypothalle formé de rangées, avec un début de périthalle à la partie supérieure. L'espèce serait à rechercher à Ambleville, si on peut l'y découvrir à l'état isolé.

En résumé l'étude qui précède montre à l'époque montienne l'existence de quelques intéressantes espèces de Mélobésiées qui se sont trouvées admirablement conservées dans leur structure aussi bien que dans leur aspect extérieur ; l'étude de ces quatre espèces montre l'existence au Montien des trois principaux genres de Mélobésiées connus à l'état fossile : *Archæolithothamnium*, *Lithothamnium* et *Lithophyllum* ; au contraire les Corallinées n'ont pas montré de représentants.

Ces espèces ne paraissent pas avoir de parenté avec les espèces crétacées décrites jusqu'ici ; mais *Arch. parisiense* GÜMB. paraît très voisine d'une espèce non décrite du Crétacé supérieur de Fresville (Manche), observée seulement en plaque mince.

D'autre part il y a lieu de noter la parenté de *Lithothamnium applanatum* avec une espèce du Quaternaire et de la Méditerranée actuelle, *Lithothamnium Philippii* FOSL., dont on peut la considérer comme l'ancêtre probable.

EXPLICATION DE LA PLANCHE VI

FIG. 1a à 1f, — petites branches de *Archæolithothamnium parisiense*, vraisemblablement détachées d'une croûte basilaire telle que celle figurée en j.

1g à 1h, — croûtes de *Arch. parisiense* à peine mamelonnées, fructifiées (stade jeune).

1i et 1j, — croûtes de *Arch. parisiense* avec mamelons, fructifiées (stade adulte).

Tous ces échantillons proviennent de Meulan (S.-et-O.).

— 2. — Figure-type de *Lithothamnium parisiense* GÜMBEL.

— 3. — *Lithothamnium applanatum* de Vigny (S.-et-O.).

— 4. — *Lithophyllum vignyense* de Vigny (S.-et-O.). On voit les conceptacles dans la partie inférieure droite de la figure.

— 5. — *Lithothamnium montainvillense* de Montainville.

Tous ces échantillons sont photographiés grandeur naturelle ; ils font partie de la collection de Géologie du Muséum National d'Histoire naturelle à Paris.

LA FAUNE DU TITHONIQUE INFÉRIEUR
DES RÉGIONS SUBALPINES
ET SES RAPPORTS AVEC CELLE DU JURA FRANCONIEN

PAR **F. Blanchet**¹

Dans un ouvrage récent², M. Th. Schneid décrit une faune nouvelle du Jura franconien qu'il attribue au Tithonique supérieur.

Cet auteur distingue dans le Tithonique les zones paléontologiques suivantes :

TITHONIQUE SUPÉRIEUR

2. Zone à *Hoplites Malbosi* PICT. sp. et *Hoplites occitanicus* PICT. sp.

1. Zone à *Berriasella ciliata* SCHNEID, *Perisphinctes dicratus* SCHN. et *Pseudovirgatites palmatus* SCHN.

TITHONIQUE INFÉRIEUR

3. Zone à *Virgatosphinctes vimineus* SCHN.

2. Zone à *Oppelia lithographica* OPP. sp. et *Oppelia steraspis* OPP. sp.

1. Zone à *Waagenia Beckeri* NEUM. sp. et *Holcostephanus Gravesianus* D'ORB. sp.

Il décrit en particulier un certain nombre d'espèces nouvelles parmi lesquelles *Perisphinctes penicillatus*, *P. jubatus*, *P. caespitosus*, *P. Dacquei*, *P. ramosus*, *P. acuticostatus*, *P. diffusus*, *Simoceras Rothpletzi*, *Berriasella ciliata*, etc., qu'il attribue à la zone inférieure du Tithonique supérieur, tel qu'il est défini par lui ci-dessus.

Il y a lieu de remarquer tout d'abord que la zone à *Waagenia Beckeri* que cet auteur place à la base du Tithonique est, d'une façon générale, considérée comme faisant partie du Kiméridgien supérieur et que la zone à *Hoplites Malbosi* doit être rapportée à la base du Valanginien.

D'autre part, l'assimilation faite par M. Schneid de la faune de Neuburg à celle de Stramberg repose seulement sur les analo-

1. Note présentée à la séance du 19 février 1923.

2. TH. SCHNEID. Die Ammonitenfauna der Obertithonischen Kalke von Neuburg A. D. Iena, 1915.

gies que présentent les groupes les plus inférieurs tels que les Polypiers, etc. ; mais les formes qui lui ont servi de terme de comparaison n'ont pas eu une évolution assez rapide pour permettre de donner une affirmation aussi catégorique ; seule l'étude de la faune des Céphalopodes peut conduire à une conclusion définitive.

L'étude d'un certain nombre de fossiles recueillis dans les carrières de la petite colline de Rochefort près de Grenoble m'a permis d'établir que ce gisement est nettement du *Tithonique inférieur* et la présence parmi ces fossiles d'un certain nombre d'espèces identiques à celles que décrit M. Schneid à Neuburg m'autorise à considérer ces deux gisements comme *contemporains*.

Il n'y a donc dès lors aucune raison de modifier, comme le propose M. Schneid, la division en zones adoptée pour cet étage par M. Haug dans son remarquable traité de Géologie.

Parmi les formes provenant du gisement de Rochefort, j'ai reconnu les espèces suivantes :

Sowerbyceras Loryi MUN.-CHALM.

1875. *Ammonites Loryi* HÉBERT. *B. S. G. F.*, 1875, (3), t. III, p. 388.
 1875. *Ammonites Loryi* PILLET et DE FROMENTEL, Lémenc, pl. v, fig. 3-5.
 1876. — *Silenus* FONTANNES et DUMORTIER, Crussol, pl. xv, fig. 2.
 1877. — — GEMMELLARO, Sopra alc. foss. giur., pl. xvi, fig. 1-3.
 1877. — *Loryi* FAYRE. Zone à *A. Acanthicus*, pl. i, fig. 1, fig. 14-15, p. 19.
 1879. *Phylloceras Silenus* FONTANNES. Calc. du Château, pl. i, fig. 6.
 1889. *Rhacophyllites Loryi* KILIAN. Andalousie, p. 62, pl. xxvii, fig. 3 a-b.
 1890. — — TOUCAS. Faunes des C. Tith. de l'Ardèche. *B. S. G. F.*, (3), t. 18, p. 576.

Cette espèce est représentée parmi les fossiles de Rochefort par un fragment très net sur lequel on distingue deux sillons bien caractéristiques de l'espèce. On y observe d'ailleurs très nettement la ligne cloisonnaire.

Cette forme, surtout répandue dans la zone à *Waagenia Beckeri* (calcaires massifs), se rencontre également dans le *Tithonique inférieur* du Sud-Est de la France.

Lissoceras elimatum OPP. sp.

1868. *Ammonites elimatus* ZITTEL. Stramberg, p. 79, pl. xiii, fig. 4-7.
 1890. *Haploceras elimatum* TOUCAS. Couches du Tithon. de l'Ardèche. *B. S. G. F.*, (3), t. 18, p. 593.

Forme signalée par Toucas comme très commune dans les couches du Tithonique inférieur du Pouzin et représentée également par de nombreux exemplaires à Rochefort. Les trois échan-

tillons bien conservés que je possède ne laissent aucun doute quant à cette attribution. L'un d'eux montre très nettement les lignes cloisonnaires.

Aspidoceras altenense D'ORB. sp.

1847. *Ammonites altenensis* D'ORBIGNY, Pal. fr. Terr. Jur., t. I, p. 537, pl. CCIV.
 1873. *Aspidoceras altenense* NEUMAYR, Die Sch. mit Asp. acanthicum, p. 199, pl. XLII, fig. 2.
 1877. — — FAVRE, Z. à *Amm. acanthicus* des A. suisses, pl. VII, fig. 5.
 1878. — — DE LORIOL, Z. à *Amm. tenuilobatus* de Baden, p. 116, pl. XVII, fig. 4.
 1879. — — FONTANNES, Descr. des Amm. des Calc. du château de Crussol, p. 95, pl. XIII, fig. 3.

La forme que je rapporte à cette espèce n'a pu être complètement dégagée, mais elle montre avec beaucoup de netteté, sur un demi-tour environ, de très fines stries partant en faisceaux de petits tubercules ombilicaux et dont la disposition générale correspond assez exactement à celle de la figure de d'Orbigny.

De plus, la partie siphonale de la ligne cloisonnaire et la première selle latérale, bien observables sur notre échantillon, présentent jusque dans les moindres détails les caractères de la ligne cloisonnaire de cette espèce.

Perisphinctes contiguus CATULLO sp.

- Ammonites contiguus* CATULLO, Calc. rosse ammonitiche delle Alpi Venete, p. 214, pl. III, fig. 4 a-b.
Perisphinctes contiguus ZITTEL, Aelt. Tith., p. 110, pl. XI, fig. 1-2.
 — — TOUCAS, C. du Tithon. de l'Ardèche, p. 581, pl. XIV, fig. 4.

Trois de mes échantillons peuvent être rapportés avec certitude à cette espèce ; l'un d'eux particulièrement bien conservé permet d'observer les tours internes ; légèrement plus évoluée que celui figuré par Catullo, il présente avec celui-ci de légères différences dans la disposition des côtes ; la figure donnée par cet auteur montre en effet des côtes saillantes généralement trifurquées ; dans la forme de Rochefort au contraire la simple bifurcation est plus fréquente et à ce point de vue elle présente de plus grandes analogies avec les figures de Zittel (Aelt. Tith., pl. 35, fig. 1-2) et de Toucas (pl. XIV, fig. 4) ; cette dernière montre cependant des côtes trifurquées à un stade moins avancé.

Une empreinte de tour adulte recueillie dans le même gisement montre, comme dans la figure de Zittel, des côtes primaires sail-

lantes et espacées donnant naissance vers le milieu des flancs, à des faisceaux de côtes très caractéristiques. Le troisième exemplaire de cette forme, représenté seulement par un fragment de tour externe, est très semblable à celui figuré par Catullo.

Cette forme caractérise le Tithonique inférieur du Tyrol des Carpathes, de l'Appennin, des Alpes et de l'Andalousie.

Perisphinctes pseudocolubrinus KILIAN (non REINECKE)

1870. *Perisphinctes colubrinus* ZITTEL. Aelt. Tith., p. 107, pl. ix, fig. 6, pl. x, fig. 4-6.
 1890. — — TOUCAS. Faunes des c. Tith. de l'Ardèche. *B. S. G. F.*, (3), t. 18, 1890, p. 580, pl. xiv, fig. 1.
 1895. — *pseudocolubrinus* KILIAN. Note stratigr. sur les environs de Sisteron. *B. S. G. F.*, (3), t. 23, p. 679.
 1913. — — SCHNEID. Die Ammonitenfauna der Obertith. Kalke von Neuburg A. D., p. 24, pl. II, fig. 7-7 a.

Cette espèce est représentée par un échantillon assez bien conservé à côtes espacées à direction radiale, généralement bifurquées vers le milieu des flancs ; les côtes simples sont rares et ne s'observent qu'au voisinage des constrictiones. Exceptionnellement, deux côtes primaires se réunissant près de l'ombilic.

Perisphinctes Gevreyi TOUCAS

1890. *Perisphinctes Gevreyi* TOUCAS. F. Tith. de l'Ardèche, p. 583, pl. xiv, fig. 5.

Cette forme, signalée par Toucas dans le *Tithonique inférieur* du Pouzin (Ardèche), bien caractérisée par ses tours à section subcirculaire et ses côtes radiales rectilignes et saillantes assez régulièrement bifurquées vers le milieu des flancs, est représentée ici par un fragment de tour interne en assez mauvais état de conservation. Cette forme semble être cantonnée dans le *Tithonique inférieur*.

Perisphinctes Richteri OPP. sp.

1846. *Ammonites macilentus* var. CATULLO, Mem. geogn. pal. sulle Alpi Venete, p. 141, pl. 7, fig. 30.
 1863. — *Richteri* OPPEL, *Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges.*, Bd. 17, p. 536.
 1868. *Perisphinctes Richteri* ZITTEL, Stramberg, p. 108, pl. xx, fig. 9-12.
 1890. — — TOUCAS, Faune des c. tith. de l'Ardèche. *B. S. G. F.*, (3), t. 18, 1890, p. 580, pl. xiv, fig. 2.

1895. *Perisphinctes Alamitensis* CASTILLO et AGUILERA, Fauna foss. de la Serra de Catorca. *Bol. de la Com. geol. de Mexico*, Bd. I, p. 30, pl. 21, fig. 4 et 6.
1899. — *Richteri* SIEMIRADSKI, Monogr. Besch. der Ammonitengattung *Perisphinctes*, p. 203.

Un certain nombre d'échantillons généralement bien conservés, mais représentés seulement par des fragments de tours, présentent une grande analogie avec *Perisphinctes Richteri* OPP. sp. Ils en diffèrent cependant (voir Zittel, Stramb., pl. xx, fig. 9 et 11 et Toucas, Faune des calc. tith. de l'Ardèche, pl. xiv, fig. 2) par l'existence de côtes plus fines et plus nombreuses mais dont la disposition, le mode de bifurcation et la forme sont très identiques à la forme figurée par Oppel.

Par contre, ils diffèrent sensiblement de *Perisphinctes subrichteri* RET. par leur plus grand nombre de côtes, plus fortement infléchies vers l'avant; leur point de bifurcation est plus rapproché de l'ombilic.

Perisphinctes Burckhardtii n. sp.

1919. *Virgatites* sp. ind. BURCKHARDT, Fauna jurasica de la Sierras de Symon, p. 39, pl. xiv, fig. 1-3.

Le seul échantillon de cette forme dont je dispose est représenté par un fragment de tour adulte caractérisé par des côtes très saillantes laissant entre elles un espace assez grand et fortement concave. Ces côtes primaires se bifurquent généralement vers le milieu des flancs, la côte antérieure restant simple, la côte postérieure présentant une bifurcation vers le tiers externe. Les côtes externes sont beaucoup moins saillantes que les côtes primaires, celles-ci ayant plutôt l'aspect de véritables tubercules tranchants et allongés dans une direction radiale.

Dans la forme jeune dont l'échantillon de Rochefort présente aussi un fragment, l'ornementation est beaucoup plus atténuée. On y distingue nettement des côtes radiales droites et beaucoup plus nombreuses se bifurquant assez régulièrement vers le tiers externe.

Cette forme se distingue aisément des autres espèces à côtes saillantes et notamment de *Perisph. crussoliensis* FONT. sp., par ses côtes secondaires plus fines chez l'adulte et le plus grand nombre de côtes primaires chez le jeune individu.

On pourrait également la rapprocher de *Perisphinctes Garnieri* FONT. sp., mais cette dernière présente chez l'adulte des côtes beaucoup moins saillantes et des flancs plus aplatis.

Par contre, la forme de Rochefort semble se rapporter assez

exactement à la figure de M. Burckhardt (Faunas Jurassicas de Symon (Zacatecas) y Faunas Cretacicas de Zumpango del Rio (Guerrero), *Instituto geol. de Mexico, Bol.* 33, p. 39, pl. xiv, fig. 1-3) et que cet auteur désigne à tort sous le nom générique de *Virgatites*; je propose pour elle le nom de *P. Burckhardti*.

Cette espèce est signalée par Burckhardt dans le *Portlandien inférieur* du Cañon de Toboso (Mexique).

Perisphinctes (Aulacosphinctes) Dacquei SCHNEID

1915. *Perisphinctes (Aulacosphinctes) Dacquei* SCHNEID, Die Ammoniten fauna der Obertith. Kalke von Neuburg A. D., p. 57, pl. x, fig. 3-3 a-4.

Le fragment de tour adulte que je rapporte à cette espèce présente assez exactement les caractères de la figure de M. Schneid; elle est caractérisée par des flancs aplatis et des côtes radiales se bifurquant très régulièrement vers le tiers externe; à partir du point de bifurcation, les côtes accusent une légère inflexion vers l'avant.

Perisphinctes (Aulacosphinctes) penicillatus SCHNEID

1915. *Perisphinctes (Aulacosphinctes) penicillatus* SCHNEID, Ammonitenfauna, p. 27, pl. II, fig. 3 et 3 a, et pl. III, fig. 3 et 3 a.

Je détermine sous ce nom un exemplaire de Rochefort très voisin de la fig. 3 de la planche III de l'ouvrage de M. Schneid. Les côtes sont falciformes, fortement infléchies vers l'avant, décrivant sur la partie ventrale où elles passent sans interruption une sorte de chevron. Ces côtes, assez larges et aplaties, sont bifurquées ou trifurquées et dans ce dernier cas la division se fait en deux points différents; la branche antérieure se détache d'abord, assez près de l'ombilic et reste généralement simple; parfois cependant, elle se bifurque au voisinage de la région siphonale; la seconde bifurcation se fait vers le milieu des flancs. L'inflexion des côtes vers l'avant est surtout accentuée à partir du tiers externe et la partie infléchie forme avec la direction générale primitive un angle voisin de 30°. Cette inflexion paraît plus prononcée dans l'échantillon de Rochefort que dans la figure de M. Schneid.

La ligne cloisonnaire n'a pu être observée.

Perisphinctes (Aulacosphinctes) jubatus SCHNEID

1915. *Perisphinctes (Aulacosphinctes) jubatus* SCHNEID, Ammonitenfauna, p. 29, pl. I, fig. 5 et 5 a.

Un de mes échantillons, représenté par la moitié d'un tour d'âge moyen (stade de 7,5 cm. de diamètre), présente une ornementation remarquablement bien conservée et représentée par des côtes fines, nombreuses, flexueuses et généralement bifurquées en deux points variables, tantôt vers le milieu des flancs, tantôt vers le tiers intérieur; ces côtes ne présentent pas d'interruption siphonale; parfois deux côtes primaires se réunissent vers l'ombilic, mais sont néanmoins bifurquées; d'autres, assez fréquentes, restent simples; de plus, cet échantillon présente d'assez nombreuses strictionnements; enfin l'ornementation paraît s'atténuer avec l'âge et la hauteur du tour augmente rapidement.

D'après les caractères précédents, je crois pouvoir rapporter cette forme à la figure de M. Schneid (pl. 1, fig. 5-7). Celle-ci présente cependant un moins grand nombre de côtes simples, mais les nombreuses recherches bibliographiques auxquelles je me suis livré ne m'ont pas permis de trouver une figure se rapprochant davantage de l'exemplaire de Rochefort.

La ligne cloisonnaire n'est pas observable.

Aptychus latus VOLTZ

1837. *Aptychus latus* VOLTZ, Leonh. und Bronn. *Neues Jahrb.*, p. 436.

1863. *Ammonites latus* OPPEL, *Pal. Mittheil.*, (2), p. 256, pl. 72, fig. 1-2.

1868. *Aptychus latus* PICTET, *Mél. Pal.*, p. 283, pl. 43, fig. 1-4.

L'exemplaire d'*Aptychus* ponctué provenant de Rochefort et que j'attribue à cette espèce, est de plus petite taille que ceux décrits par Pictet; il est également légèrement plus étroit et, par son angle apical plus ouvert, se rapproche surtout de la forme que cet auteur décrit comme variété (pl. 43, fig. 3).

Semipecten (Hinnites) velatus GOLDF. sp.

Spondylus velatus GOLDFUSS, *Petref. Germ.*, p. 94, pl. cv, fig. 4.

1867. *Hinnites velatus* PICTET, *Mélanges paléontol.*, p. 97.

Deux exemplaires qui, d'après leur ornementation formée de côtes rayonnantes et de stries d'accroissement bosselées, appartiennent manifestement à cette espèce. On pourrait également les rapprocher de *Hinnites occitanicus* PICT. mais elles diffèrent de cette dernière par leur plus grand nombre de côtes radiales intermédiaires.

*
* *

Nous pouvons constater que cette association faunique, considérée dans son ensemble, diffère notablement des faunes du Titho-

nique supérieur de la « fosse vocontienne » et des régions subalpines et en particulier de celles d'Aizy-sur-Noyarey et de Chomérac qui sont incontestablement les plus riches gisements de ce sous-étage dans le Sud-Est de la France.

Le niveau de Chomérac, qui est l'équivalent de celui de Stramberg présente bien quelques espèces communes avec celui de Rochefort telles que *Lissoceras elimatum*, *Perisphinctes Richteri*, etc.; mais ces espèces, dont la plupart atteignent leur maximum au Tithonique supérieur, sont déjà représentées dans la partie inférieure de cet étage [Le Pouzin (Ardèche), par exemple]. Par contre, on ne rencontre pas dans la faune de Rochefort les caractères à tendances crétacées déjà si accentués dans le Tithonique supérieur d'Aizy et de Chomérac (assez grand développement des Hoplitidés).

Si, au contraire, nous comparons cette faune avec celles du Tithonique inférieur de notre région, par exemple avec celle du Pouzin (Ardèche), on constate que la plupart des espèces sont communes au gisement de l'Ardèche et à celui de Rochefort à l'exclusion des espèces de M. Schneid.

Il résulte de cette étude que les fossiles recueillis à Rochefort caractérisent par leur ensemble un niveau compris entre celui de Solenhofen (base du Tithonique inférieur) et celui d'Aizy-sur-Noyarey (base du Tithonique supérieur), c'est-à-dire appartiennent à la partie supérieure du Tithonique inférieur.

La faune de la Croix-de-Saint-Concors (Savoie) paraît appartenir également à ce niveau; M. Blondet, avocat à Chambéry, qui possède une remarquable collection de fossiles provenant de ce gisement a bien voulu me communiquer une liste sommaire de quelques-unes des espèces déterminées par lui; ce sont notamment :

- Perisphinctes Gevreyi* TOUCAS.
 — *Richteri* ZITT. sp.
 — *penicillatus* SCHNEID.
Sowerbyceras Loryi MUN.-CHALM. sp.
Hinnites Velatus GOLDF. sp.

En outre, parmi les fossiles non déterminés provenant de ce même gisement et que M. Blondet a eu l'amabilité de me confier, j'ai reconnu un certain nombre de formes qui ne laissent aucun doute sur leur contemporanéité avec celles de Rochefort et de Neuburg. Cette intéressante faune devant faire prochainement l'objet d'une étude plus complète de la part de M. Blondet, je donnerai seulement ci-après l'énumération des espèces qui ont été mises à ma disposition par ce paléontologiste. Ce sont :

Perisphinctes pseudocolubrinus KILIAN

1870. *Perisphinctes colubrinus* ZITTEL, Aelt. Tithon., p. 107, pl. ix, fig. 6,
pl. x, fig. 4-6.
1890. — — TOUCAS, F. des c. Tith. de l'Ard., p. 580,
pl. xiv, fig. 1.
1895. — *pseudocolubrinus* KILIAN, Note strat. sur les env. de
Sisteron. B. S. G. F., (3), t. 23, p. 679.
1915. — — SCHNEID, Die Ammonitenfauna, p. 24,
pl. II, fig. 7-7 a.

Un seul exemplaire typique.

Perisphinctes (Aulacosphinctes) Neoburgensis SCHNEID

1915. *Perisphinctes (Aulacosphinctes) Neoburgensis* SCHNEID, Ammoniten-
fauna, p. 59, pl. xii, fig. 4.

Deux beaux échantillons assez identiques à la figure de M. Schneid, présentant cependant des côtes moins infléchies vers l'avant et formant des faisceaux plus vigoureux.

Perisphinctes (Aulacosphinctes) caeposus SCHNEID

1915. *Perisphinctes (Aulacosphinctes) caeposus* SCHNEID, Ammonitenfauna,
p. 34, pl. xii, fig. 3.

Cette forme à côtes fines et ondulées et à ombilic étroit est bien représentée à la Croix-de-Saint-Concors. Les quatre échantillons que je rapporte à cette espèce diffèrent cependant de celui figuré par M. Schneid, par l'absence de constriction et par des côtes légèrement plus fines et plus serrées.

Perisphinctes senex OPP. sp.

1863. *Ammonites senex* OPPEL, Z. d. D. G. Ges., Bd. 17, p. 554.
1868. — — ZITTEL, Stramberg, p. 113, pl. xxiii, fig. 1-3.
1889. *Perisphinctes senex* KILIAN, Mission d'Andalousie, p. 655.
1890. — — TOUCAS, F. des c. tith. de l'Ardèche, p. 599,
pl. xvi, fig. 7-8.

Deux échantillons bien caractéristiques.

Perisphinctes eudichotomus ZITT. sp.

1868. *Ammonites eudichotomus* ZITTEL, Stramberg, p. 112, pl. 24, fig. 6-7.
1870. *Perisphinctes eudichotomus* ZITTEL, Aelt. Ceph., Tithonbild. p. 109.
1875. — — WAAGEN, Kutch, p. 197, pl. 55, fig. 5.
1887. *Ammonites filiplex* QUENST, Amm. des Schw. Jura, pl. 126, fig. 3.
1890. *Perisphinctes eudichotomus* TOUCAS, F. des c. tithon. de l'Ardèche,
p. 583.
1899. — — SIEMIRADZKI, Monogr. Beschr. der Ammo-
nitengatt. Perisphinctes, p. 195.

Forme signalée dans le Tithonique inférieur et moyen de la fosse vocontienne.

Perisphinctes Burckhardti n. sp.

1919. *Virgatites* sp. ind. BURCKHARDT, F. Jurassicas de Symon, p. 39, pl. xiv, fig. 1-3.

Je rapporte à cette nouvelle espèce un échantillon provenant de la Croix-de-Saint-Concors, représenté par un fragment de tour adulte très identique à l'exemplaire de Rochefort qui a fait précédemment l'objet d'une description spéciale.

Perisphinctes contiguus CATULLO sp.

Plusieurs exemplaires bien typiques.

Perisphinctes progeron v. AMMON

1875. *Perisphinctes progeron* L. v. AMMON, d. Jura-ablagerungen zw. Regensburg u. Passau, p. 171, pl. i, fig. 2.

1875. — — NEUMAYR, Die Amm. der Kreide, etc., *Zeitschrift der deutsch. geol. Gesell.*, 1875, p. 921.

1877. — — DE LORIO, C. de la z. à Am. *tenuilobatus*, *M. Soc. pal. suisse*, 1877, vol. IV, p. 71, pl. xii, fig. 1-2.

Un seul échantillon très complet.

Perisphinctes (Aulacosphinctes) dicratus SCHNEID

1914. *Perisphinctes (Aulacosphinctes) dicratus* SCHNEID, die Géol. der frankisch. Alb zwischen Eichstätt u. Neuburg A. D. *Geogn. Jahreshft*, 1914, pl. ix, fig. 3, 3 a, 3 b et 1915, p. 14.

Un seul spécimen que je rapporte à l'espèce de M. Schneid dont elle se rapproche beaucoup par la disposition des côtes et la présence de constriction. M. Schneid figure sous le nom de *Per. callodiscus*, une autre forme très voisine de celle-ci (pl. ix, fig. 2) et qui, tout au plus, semble être une variété sans constriction de *P. dicratus*.

La comparaison des listes de fossiles de Rochefort et de la Croix-de-Saint-Concors démontre suffisamment l'identité de ces faunes et par conséquent de leur âge ; il est particulièrement intéressant de retrouver dans ces deux localités un certain nombre des espèces décrites par M. Schneid. Cette remarquable similitude entre les trois faunes de Neuburg, de la Croix-de-Saint-Concors et de Rochefort montre très nettement que la faune décrite par M. Schneid dans le Jura franconien et attribuée par cet auteur au Tithonique supérieur doit être rattachée au Tithonique inférieur et se montre notablement différente de celle du Tithonique supérieur.

Nous pouvons, dans le tableau suivant, tout en apportant les

rectifications nécessaires à la classification adoptée par M. Schneid, résumer nos conclusions et donner un aperçu général sur la position relative des principaux gisements tithoniques.

*
* *

VALANGINIEN INFÉRIEUR (BERRIASIEN).

Zone à *Berriasella Boissieri*.

TITHONIQUE SUPÉRIEUR.

2. Chomérac (Stramberg).

1. Aizy-sur-Noyarey.

TITHONIQUE INFÉRIEUR.

2. Saint-Concors, Rochefort, Neuburg (= Diphyakalk).

1. Solenhofen (Z. à *Oppelia lithographica*).

KIMERIDGIEN.

Zone à *Waaenia Beckeri*.

C'est donc par suite d'une erreur du paléontologiste allemand que la classification du Tithonique du Jura franconien ne semblait pas devoir s'accorder avec celle adoptée par M. Haug.

Il est intéressant de faire remarquer que les idées synthétiques, émises par l'éminent géologue français dans son savant traité de géologie, sont une fois de plus confirmées et que la division qu'il donne pour l'étage tithonique se retrouve dans la région étudiée par M. Schneid bien que le Tithonique supérieur n'y soit pas représenté. Il est d'autant plus intéressant de fixer l'âge *précis* des couches à Céphalopodes de Franconie qu'elles sont en relation avec des assises de faciès variés (récifal, à Spongiaires, etc.) dont la position exacte dans la série suprajurassique se trouve ainsi déterminée avec précision.

LES BRÈCHES SÉDIMENTAIRES ET LES BRÈCHES DE FRICTION DANS LES TERRAINS A L'EMBOUCHURE DE LA BIDASSOA

PAR **Jacques de Lapparent**¹.

Dans notre « Étude lithologique des terrains crétacés de la région d'Hendaye », nous avons mis en évidence l'importance des brèches d'origine sédimentaire qui se trouvent interstratifiées dans le complexe auquel les géologues pyrénéens donnent parfois le nom de *Flysch*. Nous rappellerons rapidement ici qu'elles sont formées le plus souvent par l'union de matériaux empruntés aux terrains paléozoïques (schistes et quartzites) à des matériaux provenant du démantèlement de calcaires à Foraminifères contemporains de l'époque de la mise en place des brèches. Le ciment qui lie tous ces matériaux est lui-même un calcaire à Foraminifères dont la nature lithologique est très voisine de celle des calcaires qui sont en morceaux dans les brèches.

Ces brèches sont d'ailleurs *architecturées*, et non chaotiques dans toute leur masse, présentant au toit et au mur de la couche des différences essentielles. C'est ainsi que le mur est toujours argileux, tandis que le toit est formé par un sédiment constitué par les matériaux mêmes de la brèche, mais en menus fragments, et dont le *grain* se fait de plus en plus fin ; le sédiment passant ainsi à des calcaires bréchiques à Rosalines, à des calcaires à Lagenas, et même à des calcaires à spicules. La puissance de ces brèches est variable : certaines d'entre elles, d'allure lenticulaire, atteignent 4 m. ; mais il est aussi de minces lits bréchiques ne dépassant pas quelques centimètres d'épaisseur, et qui, à la dimension près des matériaux, se comportent exactement comme les brèches les plus puissantes. Beaucoup d'entre elles sont situées parmi des calcaires à Rosalines finement phylliteux, verts ou roses, de délit conchoïde, et qui sont lithologiquement identiques aux « Couches rouges » des Alpes.

Nous avons retrouvé dans le Crétacé supérieur d'Irun (Espagne) des brèches analogues, un peu moins chargées de matériaux calcaires et plus riches en matériaux anciens. Elles sont, croyons-nous, de l'âge de ce que nous avons nommé « les couches de Haïcebea ». Elles forment des bancs dont la puissance ne paraît

1. Note présentée à la séance du 5 mars 1923.

pas supérieure à 70 cm., qui alternent avec des calcaires à Foraminifères du même type que ceux qui constituent le ciment même de la brèche. Les bancs de calcaires sont parfois bréchiques à leur base.

Le caractère sédimentaire de ces brèches ne peut être mis en doute, mais elles ont été parfois violemment atteintes par des phénomènes de friction. Un très bel exemple de ce cas est fourni par l'horizon bréchique qu'on trouve au Parc des sports d'Hendaye-plage et qu'on revoit à l'îlot de Lohia, au pied du parc d'Abbadia. Il s'agit d'une brèche à ciment argileux et calcaro-argileux emballant des morceaux de schistes anciens, de calcaires crétacés à affinités coralliennes et de calcaires à Foraminifères. Elle repose sur des bancs de calcaires à Foraminifères et elle est surmontée par un gravier fait de menus fragments à contours émoussés des matériaux mêmes de la brèche, présentant ainsi le caractère architectural normal des brèches de la région.

Les phénomènes de friction qui ont atteint cet horizon ont été violents. Les bancs de calcaires sur lesquels repose la brèche sont parfois brisés et des paquets entiers en ont été renversés. Les parties argileuses de la brèche se convertissent en schistes étirés.

Des phénomènes de friction, qui n'ont d'ailleurs pas nécessairement même origine que les précédents, ont atteint dans la région, des roches situées les unes sous le complexe dont nous venons de rappeler les caractères et les autres au-dessus de lui.

Le Crétacé supérieur repose sur un ensemble qui d'une manière générale est plus schisteux, plus gréseux et moins calcaire, et qui confine aux grès tendres, psammites et grès durs du Trias. Entre le poudingue inférieur du Trias et les premières couches du Crétacé supérieur, des actions dynamiques ont provoqué la formation de véritables brèches d'aspect purement chaotique. On ne peut en observer de plus beau type que celui qui forme la partie terminale du flanc nord du Mont Saint-Martial près d'Irun. La brèche est principalement faite des sédiments tendres du Trias et de grès grossiers riches en fragments de phanites. Mais s'il s'agit ici d'une brèche dont l'origine est très certainement due à des actions dynamiques, il y a lieu de noter que, par suite de renversements, elle confine parfois aux brèches sédimentaires du Crétacé supérieur, intercalées en bancs parmi des calcaires à Foraminifères, de sorte que l'on peut observer l'un et l'autre type de brèches en des points très voisins. Et comme la brèche de friction dont nous parlons est parfois chargée de matériaux paléozoïques emballés par l'action d'un traînage après ren-

versement, et que d'autre part les brèches sédimentaires interstratifiées contiennent parfois de ces grès grossiers à débris de phtanites qui sont parmi les matériaux de la brèche de friction, on conçoit qu'il ne faut interpréter des affleurements isolés qu'avec la plus grande circonspection.

Au-dessus du Crétacé supérieur on voit encore des brèches qu'on peut aussi dire de friction mais qui ne mettent pas en évidence des phénomènes d'ordre tectonique de même type. Les terrains qui marquent le passage du Danien à l'Eocène et dont on observe un bel affleurement à la pointe du Jaizquibel entre Fontarabie et le cap du Figuier, sont faits, vers Fontarabie, soit de l'alternance de lits gréseux, de calcaires marneux, de calcaires à Globigérines et Radiolaires, soit de l'alternance de lits de calcaires à Foraminifères et de schistes argileux. En certaines zones les lits de ces derniers calcaires ont été fragmentés et leurs débris se voient emballés dans une masse de schistes argileux. Il y a *brèche de friction*, mais dont l'origine paraît être due au seul mouvement relatif des divers sédiments jouant dans le sens de leur stratification.

Nous ne pensons pas que des géologues puissent s'étonner de la coexistence en une même région de brèches sédimentaires et de brèches de friction, et soient tentés d'interpréter identiquement les unes et les autres *a priori*. Pour nous nous ne croyons pas que cette coexistence soit fortuite. Concevant, ainsi que E. Argand l'a remarquablement mis en évidence la continuité de la production des phénomènes tectoniques, nous admettons volontiers avec ce savant que certaines brèches sédimentaires sont, d'une certaine manière, une conséquence des phénomènes tectoniques eux-mêmes, et nous croyons que là où elles se sont produites il y avait chance que des phénomènes de friction se produisissent ultérieurement. D'ailleurs ce qu'on a souvent nommé brèches de friction, ou improprement mylonites, n'est à notre sens, en bien des cas, que brèches sédimentaires qui se trouvaient en quelque sorte prédestinées à jalonner de plus ou moins près les surfaces de discontinuité tectonique, ainsi que font par exemple dans les Alpes, les brèches incontestablement sédimentaires du Chablais et du Télégraphe.

LES TEMPS GLACIAIRES ET LEUR INFLUENCE SUR L'HUMANITÉ

PAR J. de Morgan ¹.

Mes longs voyages en Orient m'ayant mis à même d'étudier les phénomènes glaciaires et alluviaux dans un grand nombre de régions encore inexplorées à ce point de vue, j'ai été frappé de l'importance considérable que prennent, dans les pays désertiques, les dépôts d'alluvions, et j'ai compris le rôle majeur que forcément ont joué, par rapport à l'homme, leur contemporain, les phénomènes à la suite desquels le sol a pris l'aspect qu'il présente aujourd'hui.

Dans les déserts orientaux de l'Égypte et de la Mésopotamie, la surface est restée en l'état où l'ont mis les phénomènes alluviaux de l'époque quaternaire : aucune végétation, aucun lambeau de terre végétale, aucune trace de la main de l'homme ne vient voiler à la vue les témoins de la puissance des eaux écoulées depuis des milliers et des milliers d'années : rien ne s'est modifié sur cet immense champ de bataille de la nature, c'est un livre grand ouvert, dans lequel le géologue peut lire les pages de la plus ancienne histoire de l'humanité.

En Europe occidentale, sous un ciel moins pur, mais plus favorable à la vie, la terre, peu après le dépôt des alluvions, s'est couverte de végétation, de couches épaisses d'humus, et partout, les traces du grand travail des eaux ont disparu de la vue ; on ne les retrouve plus aujourd'hui que dans de rares excavations artificielles, et dans les berges des cours d'eau. Il faut être géologue très avisé pour savoir lire ces annales et, pour les géologues eux-mêmes, les vues d'ensemble n'apparaissent que sur les cartes couvertes de pointages correspondant à leurs observations. Aussi les conséquences du formidable travail des eaux dans nos pays ne se présentent-elles pas dans toute leur ampleur, comme elles se montrent en Orient, dans les régions désertiques.

C'est donc en Orient que j'ai compris l'importance des phénomènes diluviens par rapport à la vie humaine, c'est là que j'ai jugé de la valeur des vieilles légendes, que je me suis rendu compte des raisons pour lesquelles, dans la succession des indus-

1. Note présentée à la séance du 5 mars 1923.

tries humaines, il existe une énorme lacune entre le Paléolithique et l'Archéolithique. Il y a plus de vingt ans de cela ; mais avant de parler de mes découvertes, il me fallait étendre mes études à l'Afrique du Nord, à l'Occident de l'Europe, que je n'avais jamais étudiés à ce point de vue. Aujourd'hui que les observations sur le terrain me sont pour toujours interdites, je crois le moment venu de soumettre à mes collègues les résultats d'études dans lesquelles j'ai cherché à m'expliquer les causes du dépeuplement de la terre aux temps quaternaires, et à suivre dans leur évolution les familles qui ont échappé au désastre grâce à des *districts de survivance*.

C'est à mes confrères en géologie que je m'adresse, et non aux archéologues, à mes collègues qui se sont spécialisés dans l'étude des temps quaternaires, je leur serai reconnaissant s'ils veulent bien m'aider dans ma tâche, soit en apportant des matériaux nouveaux, soit en formulant les objections que mon exposé leur suggérera. Mon but est d'atteindre la vérité, en me basant sur d'irréfutables preuves, nombreuses et discutées par les spécialistes.

Dans les lignes qui suivent je me suis efforcé d'être clair et concis, je n'ai pas jugé utile de fournir la bibliographie longue et compliquée des sources, pour des faits connus de tous les géologues ; j'indiquerai seulement les références dans quelques cas spéciaux.

Je pense qu'il est utile, en débutant, de rappeler quelques-unes des lois qui régissent le dépôt des alluvions, ne serait-ce qu'à titre d'aide-mémoire.

Tout banc d'alluvions est le produit d'érosions ayant eu lieu en amont du point occupé par ce banc : il a été déposé soit par le courant qui a produit ces érosions, soit par un courant postérieur et, en ce dernier cas, il y a eu remaniement d'alluvions plus anciennes primitivement déposées en amont de leur position actuelle.

Quand un flot d'eau se répand sur un terrain plat, légèrement incliné, les eaux tout d'abord, si elles sont assez violentes, dénudent la surface et laissent en désordre, par bancs plus ou moins allongés, des alluvions composées de galets à peine roulés, puis elles creusent des sillons en profitant de la composition plus ou moins dure du sol, des fractures préexistantes, et ces sillons se transforment en vallées de drainage des eaux postérieures, soit d'infiltration, soit de surface.

Quand une vallée est creusée, les eaux, en diminuant de force, abandonnent au fond de leur chenal une couche plus ou

moins régulière d'alluvions classées mécaniquement, par bancs allongés, et si un nouveau courant vient à passer dans la vallée, ce courant creuse son chenal dans les alluvions anciennes, puis, parfois, continue le creusement de la vallée dans les roches sédimentaires sous-jacentes. Enfin il laisse le fond de la nouvelle vallée rempli de nouvelles alluvions. Il s'en suit que, dans une vallée les terrasses alluviales les plus élevées sont les plus anciennes.

La position d'une terrasse d'alluvions dans une vallée montre à quel niveau se trouvait le fond de cette vallée lors du dépôt de ce banc, mais ne fournit aucune indication quant à la hauteur à laquelle se sont élevées les eaux, qui peuvent avoir couvert tout le pays; et les plateaux, bien qu'étant inondés, ont pu n'être ni érodés, ni recouverts d'alluvions; car l'action énergique du courant se concentrant dans la vallée, c'est là que se trouvent tous les matériaux lourds charriés.

La violence du courant peut être approximativement évaluée par la taille et le poids des plus gros matériaux charriés. Cette violence dépend de la masse d'eau mise en mouvement, et de la pente du fond de la vallée; mais cette pente peut diminuer ou s'accroître, par suite de relèvements ou d'affaissements du sol, soit sur toute la longueur de la vallée, soit dans une partie seulement. Ces mouvements du sol peuvent entraîner soit de nouvelles érosions, soit des remplissages alluviaux.

La succession des phénomènes alluviaux, dans une région déterminée, peut donc être indiquée par la succession des terrasses alluviales; mais souvent certains termes de la série ont disparu. Elle est également déterminée par les ossements et les témoins de l'industrie humaine que renferment les diverses terrasses. En cas de remaniement des alluvions la date relative est fournie par les restes des animaux les plus récents qui, d'ailleurs, sont beaucoup moins roulés que ceux de la faune remaniée.

En ce qui concerne les restes de l'industrie, bien que les superpositions chronologiques soient le plus souvent probables, elles ne présentent pas toujours une sécurité absolue¹; car des sites d'âges divers, ont pu être lavés par des courants postérieurs d'origine et de direction différente, et leurs restes déposés dans des bancs d'alluvions se recouvrant en désordre. Une erreur de ce genre ne peut être commise quand les restes de l'industrie sont accompagnés par les ossements de la faune contemporaine du site lavé.

Telles sont les principales règles qui permettent de classer les couches alluviales suivant leur époque relative. Comme on le

1. J. DE MORGAN. *L'Anthropologie*, 1907, p. 380.

voit les indications que fournissent les alluvions présentent beaucoup moins de garanties que les superpositions qu'on relève dans les cavernes, où rien n'est venu troubler la succession des dépôts.

Le creusement des vallées et le dépôt des alluvions sont l'œuvre de courants qui, dans une même région, ont certainement été d'intensité fort variable, parfois même ces courants n'ont fait que passer comme une trombe, ne laissant derrière eux qu'un simple ruisseau. Leur cause initiale varie suivant les pays, rupture de barrages glaciaires, fonte des glaciers, débâcles des lacs, précipitations atmosphériques intenses ; et ces diverses causes qui, dans certains cas se réunissent, voient parfois leurs effets modifiés, dans une très large mesure, par des mouvements du sol.

De nos jours encore se produisent, dans quelques pays, des inondations d'une intensité effrayante : c'est, entre autres, le cas pour les glaciers de l'Alaska. Là sont des lacs de barrages glaciaires, en nombre, et à des niveaux divers, en sorte que le lac le plus élevé rompant sa digue de glace, précipite en aval ses eaux, dont la trombe brise les barrages inférieurs et il en résulte de formidables débâcles qui en quelques heures dévastent tout le pays.

Quoi qu'il en soit, tout travail d'érosion ou de transport de matériaux roulés par un courant exige une dépense de force vive qui ne peut se produire que si, par sa masse, et par la pente suivant laquelle il s'écoule, ce courant possède la puissance nécessaire. Souvent cette puissance est de beaucoup supérieure à l'effort nécessaire par le transport des alluvions dont nous constatons l'existence, c'est généralement le cas en ce qui concerne les galets de silex provenant de la destruction des couches sédimentaires crétacées ou tertiaires ; mais il n'est pas rare de rencontrer, au milieu des silex roulés de petites dimensions, des blocs de grès ou des troncs d'arbres silicifiés qui, par leur volume et leur poids, permettent de juger de la puissance des eaux.

Aujourd'hui que la plupart des cours d'eau ont atteint leur pente d'équilibre, que, presque dans tous les pays, les variations de débit ne sont dues qu'à des accroissements plus ou moins réguliers des précipitations atmosphériques, les fleuves, quand ils sortent de leur lit, étendent au loin dans les vallées plates, leurs eaux relativement calmes, et ces eaux ne déposent que des limons, alors que les mouvements de matériaux plus volumineux et plus lourds ne se produisent que dans le chenal même et sur ses bords ; encore le charriage n'est-il que bien peu de chose,

quand on compare les bancs de galets qui en résultent aujourd'hui à ceux laissés jadis par les courants quaternaires.

C'est le cas de la Loire, du Rhône, du Nil, du Gange, de l'Indus, du Tigre et de l'Euphrate, etc., de presque tous les grands fleuves de nos jours, qu'il m'a été donné de voir dans les diverses phases de leur attitude. La Loire et le Rhône roulent encore des galets lors de leurs crues, tout au moins dans leur haut cours et leur cours moyen. Le Nil, l'Indus, le Tigre et l'Euphrate ne charrient que des sables et des limons, dès leur sortie des montagnes, et, cependant à l'époque des hautes eaux, leur courant est fort violent.

Au cours de mes voyages en Orient j'ai fréquemment assisté à de formidables ruées d'eau, causées par de simples orages, j'ai vu des campements de nomades, des troupeaux, emportés par l'irruption soudaine de torrents gonflés par les pluies, et ces cataclysmes, d'une violence inouïe, qui paraissaient devoir tout dévaster, ne laissent aucune trace de leur passage, aucun dépôt de graviers, en dehors du lit lui-même du cours d'eau : là les bancs de sable et de galets avaient à peine changé de place, alors que les arbres étaient arrachés, que les cadavres des hommes et des animaux s'en allaient au loin à la dérive.

Dans les régions boisées, sous les tropiques, l'action des eaux, en dehors du chenal des fleuves, est encore moins marquée que dans les pays découverts : l'inondation s'étend au loin dans les forêts, s'infiltre, pour ainsi dire, au milieu de l'enchevêtrement des arbustes et des plantes du sous-bois : là, c'est à peine s'il se dépose quelques limons très fins ne laissant que des traces inappréciables, et toute la force de la crue se concentre plus encore dans le lit du fleuve, j'en ai vu de nombreux exemples en Malaisie, aux Indes et en Indochine.

De ces constatations il résulte que le dépôt de la moindre couche de cailloutis n'a pu se produire que sous l'action d'un cours d'eau violent, et qu'on n'est pas en droit de dire que le retrait des glaciers scandinaves, lors de leur départ définitif, s'est produit lentement et sans à-coup, sans inondations dévastatrices, comme beaucoup de préhistoriens le pensent et l'écrivent, parce qu'ils ne trouvent pas de traces de violences dans les dépôts.

La succession des couches établie par M. Ladrière¹, géologue

1. *Ann. de la Soc. Géol. du Nord*, t. XVIII, p. 93 à 150 et 210 à 277. — Cf. M. BOULE. Une excursion dans le Quaternaire du Nord de la France. *Anthrop.*, 1892, p. 426.

lillois, après une étude approfondie des dépôts quaternaires du Nord de la France, est très concluante à cet égard¹.

- | | |
|--|---|
| 12. Limon supérieur, brun rougeâtre (terre à brique) ou <i>Lehm</i> [Pierre polie, industrie romaine (Abbeville)] ² . | Ruissellement. |
| 11. Limon fin, jaune d'ocre (<i>Ergeron</i>), contenant parfois des Succinées [<i>Elephas primigenius</i> (Abbeville)]. | Eaux stagnantes ou simplement calmes. |
| 10. Gravier ou cailloutis supérieur, ordinairement simple lit de petits éclats de silex. Parfois <i>instruments moustériens</i> . | Courant faible n'entraînant que des matières locales. |
| 9. Limon gris cendré, parfois avec Succinées et débris végétaux. | Eaux stagnantes ou calmes. |
| 8. Limon fendillé, brun rouge, divisé en petits fragments. | Eaux stagnantes ou calmes. |
| 7. Limon doux, jaunâtre, avec points charbonneux. | Eaux stagnantes ou calmes. |
| 6. Limon panaché, gris et jaune, parfois sableux. | Courant faible. |
| 5. Gravier ou cailloutis moyen, à silex éclatés peu roulés. | Courant moyen. |
| 4. Limon noirâtre tourbeux. | Eaux stagnantes ou calmes. |
| 3. Glaise gris-verdâtre ou bleue, avec concrétions, débris végétaux, Succinées et quelques éclats de silex. | Eaux stagnantes ou calmes. |
| 2. Sable grossier argileux. | Courant moyen. |
| 1. Gravier inférieur à éléments assez volumineux (ancien Diluvium gris). Parfois des <i>instruments chelléens</i> , avec <i>Elephas primigenius</i> et <i>Rhinoceros tichorhinus</i> . | Courant violent. |

A Abbeville, d'Ault du Mesnil³ a relevé une coupe analogue à celle de M. Ladière qu'on vient de lire.

Ainsi dans tout le Nord-Ouest de la France les traces d'inondations sont multiples, elles se manifestent soit par des dépôts d'eaux lentes ou stagnantes même, soit par des cailloutis transportés par des courants d'intensité plus ou moins grande.

Les alluvions de la base renferment les restes d'une faune voisine de celle du Pliocène supérieur. On y rencontre les trois Éléphants, *E. antiquus*, *E. primigenius*, *E. meridionalis*, avec *Rhinoceros Mercki*, *Hippopotamus major*, *Cervus Belgrandi*, *Bison priscus*, *Sus scropha*, le Cheval, l'Ours, l'Ilyène, etc.

1. Bon nombre des intervalles entre les chiffres correspondent à des phases de sécheresse ; mais certainement pour la plupart les limons représentent des inondations en dehors du chenal, inondations analogues à celles de la majeure partie de la Chaldée ou de la vallée du Nil aux hautes eaux.

2. D'AULT DU MESNIL. Note sur le terrain quaternaire des environs d'Abbeville. *Rev. Ecole Anthropol.*, 1896, p. 284.

3. *Op. cit.*

Il est à remarquer que toutes les coupes relevées par Ladrière, d'Ault du Mesnil, M. Boule, Gosselet, etc., dans cette région et en Belgique occidentale, contiennent les diverses formes de l'industrie paléolithique (*sensu stricto*) [Chelléen, Acheuléen, Moustérien], mais ne renferment pas de stations de culture archéolithique¹ [Aurignacien, Solutréen, Magdalénien], bien qu'elles s'étendent jusqu'à la pierre polie et à la civilisation romaine.

Il ne faudrait pas généraliser la portée des événements dont l'étude des terrains du Nord-Ouest et du Nord de la France permet de retrouver les traces, là sauf en quelques cas (nos 4, 5, 6, 10) les inondations se sont produites sans violences; mais il n'en est pas partout de même, à Saint-Acheul, entre autres, localité où les courants paraissent avoir joué un rôle beaucoup plus important qu'aux environs de Lille. Si nous étions à même de porter sur la carte les fleuves quaternaires de cette région, ainsi que les limites des crues, nous nous rendrions compte des dévastations successives causées par les eaux, de l'origine des inondations et plus aisément de leurs causes.

D'ailleurs à l'action des eaux en régime de crues, sont venus se joindre d'autres agents qui ont singulièrement accru la puissance destructive des inondations. Il ne faut pas juger, d'après l'attitude actuelle de nos glaciers et de nos cours d'eau, de ce qui s'est passé à l'époque quaternaire. J'ai parlé des étangs à barrages de glace de l'Alaska, les mêmes phénomènes se sont produits dans l'Occident de l'Europe, mais sur une échelle proportionnée à l'ampleur de la glaciation, c'est-à-dire dans des proportions beaucoup plus grandes.

A cette époque la température moyenne était de beaucoup inférieure à ce qu'elle est de nos jours et les hivers, très rigoureux, favorisaient sur tous les pays situés en dehors de la zone glaciaire des tombées de neige considérables et la prise en glace de tous les grands cours d'eau; puis quand arrivait le dégel, il se produisait de formidables débâcles d'eau charriant d'énormes glaçons, c'est ainsi que se sont trouvés transportés des blocs que jamais les eaux seules n'auraient eu la force de mouvoir.

« L'exploitation de la carrière Meuf, à Gentilly, dit notre collègue H. Douvillé (*CR. Ac. Sc.*, t. 151, p. 630, 10 oct. 1910) a mis à découvert, il y a quelques années, sur la roche du fond, de fortes cannelures parallèles dont l'origine glaciaire semble certaine; elles ont été photographiées par M. Dollot, correspondant

1. Parfois, mais très rarement, on rencontre dans le Nord des instruments de type archéolithique indécis.

du Muséum ; en outre on a signalé à diverses reprises l'existence de blocs erratiques et j'ai observé moi-même dans le cailloutis du limon, des blocs de granite qui ne pouvaient guère avoir été transportés que par les glaces ».

J'ai, moi-même, constaté dans les alluvions de la Somme et dans celles de la vallée de la Bresle (1877-1880), la présence dans les alluvions et à la base des Loess de blocs d'un poids considérable ; c'étaient des grès et des poudingues complètement étrangers à la région, et la Picardie, comme le site de Gentilly, sont notoirement en dehors de la plus grande extension glaciaire, ce sont donc des phénomènes d'ordre secondaire qui ont produit ces transports.

Plus au Nord, en Hollande, les phénomènes ont été tout autres que dans nos pays. Dans un récent travail¹, M. J. van Baren a constaté des corrélations entre les dépôts fluviaux du Rhin inférieur et de la Meuse et les phénomènes glaciaires dans les Alpes et la Scandinavie. Ainsi, au Nord-Est de la Picardie, de l'Artois et des Flandres, et à peu de distance, s'est manifestée l'action glaciaire du Nord et celle des Alpes. Devons-nous considérer les inondations successives de nos pays comme résultant de la fonte des derniers glaciers, ou les attribuer à des périodes de précipitations atmosphériques intenses, on ne saurait encore se prononcer ; peut-être les deux causes sont-elles intervenues.

Si nous sortons de la région étudiée par les géologues et les préhistoriens belges et français, si nous passons en Angleterre, nous nous trouvons en présence de phénomènes analogues, mais tenant de plus près à l'action des glaciers scandinaves, alors que dans la région pyrénéenne, en Auvergne, dans les districts voisins des Alpes, l'importance des données cantonales s'accroît, non seulement dans la conduite des glaciers, mais dans les phénomènes résultant de la fonte des glaces et des glaciations hivernales secondaires.

Pour Penck², l'envahissement des Alpes par les glaces, au commencement de la période quaternaire, devrait être attribué non pas à une augmentation des précipitations atmosphériques, mais à un accroissement de la température moyenne annuelle, il s'en suit que la glaciation aurait sa cause dans la surrection du massif, et que les mouvements d'avancement et de recul des glaciers seraient dès lors dus à des oscillations du sol³. Cette

1. J. VAN BAREN. Les dépôts diluviens et glaciaires de la Hollande. Compte rendu par G.-F. DOLLFUS. *CR. Soc. Géol. de France*, 6 nov. 1922.

2. Cf. A. PENCK et E. BRÜCKNER. *Die Alpen im Eiszeitalter*. Leipzig, 1909.

3. On sait que la température diminue de 1° par 180 m. d'élévation et qu'il suffit de 3° à 4° pour passer d'un climat glaciaire à un climat interglaciaire. C'est

explication n'est pas acceptée par tous les géologues, de même que le nombre des phases d'avancement et de recul des glaces. Quoi qu'il en soit, aux abords de tous les massifs montagneux, on rencontre les traces d'inondations dont les dernières et les moins brutales, dans nos pays, paraissent avoir été contemporaines de l'industrie moustérienne. En ce qui concerne l'Occident de l'Europe la date relative de ces événements paraît être bien établie.

Si nous quittons l'Europe pour gagner le Nord de l'Afrique, nous rencontrons, là encore, de puissantes alluvions caillouteuses contenant les restes d'une industrie assez spéciale (d'après M. Reygasse) mais appartenant à diverses phases du Paléolithique. Les courants qui ont causé les érosions et les alluvions de cette région sont-ils dus à une surélévation des massifs montagneux de l'Atlas, ou bien à un excès de précipitations atmosphériques, nous ne saurions nous prononcer, mais toutes mes observations me portent à croire que cette époque (chelléo-moustérienne) fut une ère de grandes précipitations, sous forme de pluies dans les pays méridionaux, et plutôt de neige dans les régions septentrionales.

Dans les déserts qui bordent l'Egypte, le système alluvial présente un aspect grandiose. Là, le sol, d'une complète aridité, a conservé tous les caractères qu'il a pris aux temps quaternaires. Tous les hauts plateaux sont recouverts d'alluvions caillouteuses, et c'est après ce premier dépôt que se sont creusées certaines vallées, telle que celle du Bahr-béla-Mâ, ou fleuve sans eau¹; puis les eaux de l'Afrique centrale ayant choisi la vallée actuelle du Nil pour leur écoulement à la mer, tout le reste du pays devint un désert sans la moindre goutte d'eau, sans trace de végétation. Une mouche même n'y peut vivre.

On considère généralement qu'en Europe occidentale, les alluvions qui couvrent les plateaux se sont déposées au Pliocène : il peut en être de même, en Egypte ; mais certaines parties du désert, entre la Thébaïde et l'oasis de Kharghiéh, ont été habitées par les Paléolithiques ; puis viennent les terrasses alluviales de la vallée du Nil, toutes caractérisées par une industrie acheuléo-moustérienne.

D'où sont venus les courants qui ont répandu leurs alluvions

donc une surrection de 6 à 700 m. au minimum qui aurait suffi pour créer les inlandsis de la Scandinavie, des Alpes, des Pyrénées, etc. Or nous rencontrons sur les côtes de Norvège par mille mètres environ de fond la limite d'une terrasse qui jadis a, semble-t-il, fait partie de la péninsule.

1. On peut se faire une idée de la violence des courants alluviaux quaternaires en Egypte par la présence dans les alluvions de blocs d'une taille importante. Au pied du Gêbel Généffé, près du canal de Suez, on a trouvé un gros galet de calcaire nummulitique, provenant de la Haute-Egypte et pesant plus d'un kilogramme.

dans le désert, puis creusé les vallées, qui, enfin, par des inondations successives, ont créé les terrasses alluviales? Certainement ils sont descendus de l'Afrique centrale, de la région actuelle des grands lacs, et ce n'est pas la disparition de glaciers qui en a été la cause, c'est plutôt un accroissement des condensations atmosphériques. Malheureusement la région des lacs n'est pas encore assez étudiée, pour que nous puissions donner à nos hypothèses une base scientifique sûre.

Quand, à la fin de la période tertiaire, l'Asie occidentale et l'Afrique orientale ont pris les reliefs que nous leur voyons de nos jours, les plissements et les brisures du sol ont formé de vastes cavités sans écoulement : là, en Afrique centrale, se seraient accumulées les eaux dans d'immenses lacs qui, rompant un jour leurs digues naturelles, auraient provoqué un véritable déluge; puis les plus grandes masses d'eau s'étant écoulées, ne seraient plus survenues que des inondations de moindre importance. Ce ne sont là, certes, que des suppositions, mais elles paraissent être plausibles.

Si l'on examine la composition des alluvions, on trouve entre Assouan et Thèbes, parmi les galets roulés, une foule de matières étrangères à la vallée du Nil, ce sont des cornalines, des agates, des calcédoines, des bois silicifiés, des quartz laiteux et hyalins, etc. Plus loin, en descendant vers le Nord, on rencontre le silex tertiaire dominant.

En Mésopotamie s'étend une couche immense d'alluvions caillouteuses, banc épais, régulier, dans lequel, à partir de leur sortie des montagnes, l'Euphrate et le Tigre ont creusé leur lit. Là, dans le désert syro-arabique, comme en Egypte, se montrent les instruments paléolithiques.

Aux temps glaciaires le plateau iranien était couvert de glaces et de neiges¹, il possédait ses glaciers sur ses chaînes bordières² et, quand la glaciation a pris fin, des torrents d'une puissance inouïe se sont précipités vers l'extérieur comme vers l'intérieur du plateau. Il en est résulté des deux côtés, au pied des montagnes, des masses alluviales, atteignant plusieurs centaines de mètres d'épaisseur. On en voit de superbes témoins sur les bords de la Mésopotamie et de la Susiane, provinces alors sous les eaux du golfe Persique³.

1. J. DE MORGAN. Le plateau iranien pendant l'époque pléistocène, *Rev. Ecole anthrop.*, 1907, t. XVII, p. 213 sq.

2. L'altitude des principaux pics de ces chaînes est souvent supérieure à 5000 m. au Nord, le Démavend, dans l'Elbourz, atteint 6080 m., au Sud le Zerd-é-Kouh, dans les monts Bakthyaris dépasse, 5000 m.

3. J. DE MORGAN. Mission en Perse, t. III, 1^{re} partie, 1905. Géol. stratigr.

Quant au plateau iranien, lui-même, pendant bien des siècles, il est demeuré inhabitable; d'abord couvert de lacs, après la fonte des neiges, il est resté en grande partie composé de bassins fermés qui, peu à peu, se sont transformés en déserts salés. Quelques cours d'eau cependant (le Séfid roud, le Gamas-âb ou Kerkha, l'Ab-é-Diz, le Kâroun) sont parvenus à briser leurs barrières et à s'écouler à la mer. Mais ce sont là des exceptions; car la plus grande partie du plateau se compose de bassins sans issue.

Plus loin vers l'Orient, aux Indes, sont encore de grandes nappes d'alluvions, descendues de l'Himalaya et, dans ces bancs de galets roulés, on trouve aussi des instruments paléolithiques (*s. s.*).

Nous avons vu, en parlant du Nord de la France, que le chronomètre le plus sûr est fourni par la paléontologie; que c'est par la liste des animaux composant la faune qu'on peut établir la succession des périodes glaciaires et interglaciaires, qu'on est autorisé à préciser les climats : malheureusement ce précieux guide n'existe que pour nos pays; car nous ignorons encore tout de la faune quaternaire des autres régions. Serions-nous mieux renseignés, d'ailleurs, que le climat n'ayant pas été le même partout à la fois, les faunes ont différé suivant les régions, et il serait bien difficile d'établir des synchronismes. Il est parfois très difficile de fixer, par la paléontologie, l'équivalence de couches géologiques marines, alors que nous disposons de nombreux invertébrés fossiles, ou de rapprocher des faunes de vertébrés très bien représentées dans des ossuaires, tels que ceux de Pikermi, de Maragha, d'Amérique du Sud. La difficulté sera plus grande encore quand il faudra rechercher non pas le synchronisme relatif entre deux faunes, mais l'équivalence précise suivant les divers climats des différentes parties du monde à une même époque; car les phénomènes quaternaires sont de bien courte durée, par rapport à ceux des autres phases géologiques de l'histoire du globe ¹.

On sait que les Éléphants, tant en Afrique que dans l'Asie méridionale ont, comme d'ailleurs beaucoup d'autres animaux, l'habitude d'aller terminer leurs jours dans la profondeur des forêts, en des lieux qu'on nomme « cimetière des Éléphants ». Il est à croire que l'ossuaire des grands pachydermes aux îles Liakhow, jadis reliées au continent sibérien, n'est autre qu'un « cimetière de Mammouths ». Quant aux cadavres qu'on rencontre dans les toundras, ils ne sont dans les glaces que par suite d'ac-

1. On sait combien est encore indéfinie l'époque des couches dans lesquelles Dubois a découvert, à Java, les restes du Pithécantrope.

cidents. Nous ne connaissons encore aucun cimetière des Éléphants quaternaires de nos pays, ce n'est pas dire qu'on n'en découvrira jamais ; mais on rencontre dans les alluvions leurs ossements en grand nombre, accompagnés de ceux des autres animaux de leur époque, fait, qui n'a pas lieu dans les régions où la vie de ces animaux n'est pas troublée.

Souvent ces alluvions ont été remaniées, et alors tous les ossements sont en désordre, mais souvent aussi on trouve les squelettes complets, c'est donc que le cadavre a été transporté par les eaux, puis s'est arrêté dans un banc de galets, de sable ou de limon car le transport des corps morts n'exige presque pas de courant.

En Sibérie les cadavres d'animaux éteints, morts par accident, sont rares, alors que dans les alluvions de nos pays les ossements épars et les squelettes complets sont d'une abondance extrême. Il est à remarquer qu'on ne rencontre que très rarement des squelettes ou des os d'animaux de petite taille dans nos alluvions ; cela tient, assurément, à ce que les os de ces animaux n'ont pas résisté au charriage ou plutôt aux agents chimiques contenus dans le sol. Il en est de même pour l'homme, dont les restes ne se sont conservés que dans les cavernes, en même temps que ceux des bêtes de petite taille, grâce à la nature basique des eaux d'infiltration.

Au cours des temps quaternaires les hommes, qui, pour la plupart, vivaient de chasse et de pêche, étaient obligés de s'établir dans les vallées, auprès des cours d'eau, au milieu des bois où se tenait le gibier dont ils faisaient leur nourriture ; aussi, pour la plupart, les stations paléolithiques tant dans l'Occident européen, qu'en Orient, sont-elles situées dans les vallées. C'est là que les inondations contemporaines de la dernière phase glaciaire ou quelque peu postérieures sont venues achever de les détruire, en même temps que les vertébrés de tout genre qui peuplaient les forêts d'alors ; car cette extermination ne s'est pas produite d'un seul coup, les restes qu'on rencontre de l'industrie moustiérienne bien moins abondants que ceux de l'Acheuléen, paraissent indiquer que le dépeuplement était déjà très avancé quand a débuté cette époque post-glaciaire.

Le dépeuplement d'une grande partie des continents, à cette période, ne peut faire aucun doute, tout d'abord parce que nous trouvons les restes des campements dans les alluvions, mais surtout parce que la fin du Paléolithique (*s. s.*) marque dans un grand nombre de régions les débuts d'un long hiatus dans les industries de la pierre, hiatus qui serait inexplicable sans l'intervention de causes violentes.

Pendant que je me livrais à l'étude des alluvions en Orient et en Tunisie, notre collègue H. Douvillé tirait de ses remarques personnelles les mêmes conclusions que moi, quant au dépeuplement quaternaire : « Examinons d'un peu près ces silex taillés, dit-il (*op. cit.*, 1910). Peut-on y voir des pièces de rebut ou hors d'usage, abandonnées par l'homme ? Certainement non, presque toutes sont en parfait état et quelques-unes même sont de véritables œuvres d'art. On trouve dans ces gisements non seulement les grosses pièces dites *coups de poing*, mais aussi des couteaux à fines retouches, des grattoirs, etc., enfin tout l'outillage de l'industrie humaine à cette époque. J'ai déjà dit que ces pièces sont extrêmement nombreuses, il est donc impossible également d'admettre qu'elles représentent des pièces accidentellement perdues. Comment l'homme a-t-il pu abandonner ainsi ses armes et ses outils, c'est-à-dire tout ce qui devait à cette époque constituer sa principale richesse ? Une seule explication semble possible : c'est que l'homme a été lui-même victime de l'invasion des glaces, de l'aggravation de la rigueur du climat. »

« Refoulés d'abord par la progression des glaciers qui s'avançaient à la fois du Nord (Scandinavie), de l'Est (Vosges), et du Sud (Plateau Central), les populations de cette époque ont vu peu à peu se tarir leurs moyens d'existence ; on sait que les nomades des confins du Sahara sont presque à la merci d'une saison exceptionnellement sèche, et qu'elles mourraient littéralement de faim si l'on ne venait pas à leur secours. Tout aussi précaire devait être la situation des hommes de l'époque glaciaire, dépourvus d'abris sérieux et d'approvisionnements durables. Il a suffi d'une série d'hivers de plus en plus rigoureux pour les faire disparaître ; ils sont morts de faim et de froid. A la fonte des neiges, les premières inondations ont entraîné leurs cadavres à la mer. Seuls les silex plus lourds sont restés sur place et ont été incorporés dans les cailloutis ».

Ces observations amènent le savant géologue à conclure : « Les cailloutis et les limons¹ sont eux-mêmes le résultat des inondations qui se sont produites à la fin de cette période (dernière phase glaciaire) au moment de la fusion des neiges et quand les glaces remplissaient encore les vallées. »

L'hiatus dans la succession des industries vient transformer ces hypothèses en certitudes.

Nous avons vu que dans le Nord et le Nord-Ouest de la France

1. H. Douvillé considère les limons comme étant d'origine alluviale et non éolienne, et je partage son opinion pour tous ceux qu'il m'a été donné d'étudier en Asie.

cet hiatus commence après l'industrie paléolithique (s. s.) (moustérienne). Or il en est de même en Égypte, dans certaines régions de l'Afrique, telle que le Somal, en Mésopotamie, aux Indes, en Amérique du Nord, et assurément dans d'autres parties des continents encore inexplorées à ce point de vue. Cet hiatus a été de plus ou moins longue durée et plus ou moins complet suivant les contrées, parce qu'il a fallu aux survivants du cataclysmes, cantonnés dans des districts restés en dehors des inondations, un temps plus ou moins long pour se développer numériquement, et être à même de coloniser les pays encore inhabités, soit par suite du dépeuplement, soit parce qu'ils étaient jadis couverts de glace.

Dans l'Occident de l'Europe, les *districts de survivance* ont été nombreux, ou du moins nous en connaissons un un peu plus grand nombre que dans les autres parties du monde, encore peu étudiées. On les rencontre dans le centre, le Sud-Ouest et le Sud de la France ¹, dans le Nord de l'Espagne. Leur existence est indéniable; car les cavernes montrent les industries archéolithiques (Aurignacien, Solutréen, Magdalénien) faisant suite au Moustérien. La zone occupée par les gens d'industrie aurignacienne est très restreinte, par rapport à celle qu'occupaient les Paléolithiques et ne correspond pas à ses contours. Dans les régions dépeuplées, on voit paraître sporadiquement des témoins d'industrie archéolithique, très rares d'ailleurs; mais prouvant que les survivants ou mieux, leurs descendants ont fait à diverses époques des tentatives de colonisation.

Dans l'Afrique du Nord, les abris sous roches du Capsien indiquent la position des districts de survivance.

En Égypte, l'hiatus se prolonge jusqu'à l'arrivée d'hommes de l'industrie néolithique (?), peut-être même énéolithique. Là, pas de district de survivance, le relief du pays ne le permettant pas.

En Syrie l'existence de l'hiatus est douteuse encore, par suite de l'imprécision dans laquelle sont encore les études sur les industries postérieures au Paléolithique, peut-être a-t-il existé dans les contréforts du Liban des districts de survivance.

En Mésopotamie la colonisation des plaines du Sud est énéolithique, et s'il existe des districts de survivance, ils sont certainement situés dans le Nord².

1. Dordogne, Corrèze, Haute-Garonne, Basses-Pyrénées, Landes, Gironde, Charente, Vienne, Indre, Allier, Yonne, Saône-et-Loire, d'après DÉCHELETTE, 1908, t. I, p. 128.

2. J. DE MORGAN. Les stations préhist. de l'Alagheuz (Arménie russe). *Rev. Ecole anthrop.*, 1909, XIX^e année, t. VI, p. 189-203.

Au pays des Somâlis, elle est néolithique ; et les districts de survivance, s'il en a existé, sont encore inconnus.

Aux Indes, il paraît en être de même qu'en Mésopotamie, la colonisation serait énéolithique, tout au plus néolithique, et les districts de survivance ne sont pas encore connus, si toutefois il en a existé, ce qui est à croire.

Cette survivance est affirmée, dans l'Europe occidentale, par l'existence de l'industrie aurignacienne qui, d'après les constatations de H. Breuil, procède du Moustérien. Ailleurs, comme en Tunisie, d'autres formes de l'industrie archéolithique, le Capsien, remplacent l'Aurignacien de nos pays ¹.

Dans le Nord de l'Asie antérieure, au massif de l'Ararat (Alaghéuz), j'ai rencontré des instruments d'obsidienne, très patinés, qui paraissent appartenir à une industrie archéolithique, mais mes études, trop sommaires, auraient à être complétées, avant qu'on fut à même d'affirmer, d'une manière sûre, l'existence dans ces parages d'un district de survivance.

Ces districts de survivance, d'ailleurs, sont certainement très nombreux dans les diverses parties du monde qui ont été atteintes par les inondations, on reconnaîtra peu à peu leur existence ; mais ces constatations ne modifieront en rien l'ordre général des choses.

Quant à la nature des industries qui ont succédé au Paléolithique (s. s.) elle n'est certainement pas uniforme dans tous les pays, et il ne faudrait pas attribuer à la morphologie une importance primant tous les autres caractères. Avec la fin des inondations quaternaires, les conditions de la vie se sont transformées et le régionalisme s'est établi ; s'il existe des analogies de formes dans les industries des diverses régions, c'est bien souvent parce que les nécessités naturelles les imposaient : c'est ainsi qu'en Tunisie le Capsien de Gafsa joue le même rôle que l'Aurignacien de nos pays ².

Le professeur H. Breuil est d'avis que l'Aurignacien procède du Moustérien, mais que le passage s'est produit ailleurs qu'en France. Je me range à son opinion très volontiers ; mais je ferai observer que, même en France, nous sommes bien loin de connaître toutes les cavernes capables de nous éclairer à cet égard.

Bien qu'elle soit déjà connue, la coupe du remplissage de la

1. J. DE MORGAN, L. CAPITAN et P. BOUDY. Etude sur les stations préhistoriques du Sud tunisien ds. *Rev. Ecole anthrop.*, 1910, XX^e année, t. IV, p. 105-228.

2. Malheureusement bien des préhistoriens ne voient que par la morphologie et veulent à tout prix qu'il ait existé des relations entre les peuples quand leurs industries de la pierre se ressemblent. Cette manière d'envisager les questions jette un trouble profond dans les études.

caverne du château de Laussel (commune de Marquay, Dordogne), fournit un très bon exemple des successions de la vie dans un « district de survivance ». Je la donne ici grâce à l'obligeance du professeur H. Breuil (*in litt.* 10 janvier 1923).

Caverne de Laussel.	{	9. Magdalénien sup. latéralement.
		8. Solutrén supérieur.
		7. Proto-solutrén.
		6. Aurignacien final.
		5. — moyen.
		4. — inférieur.
		3. Moustiérien supérieur.
		2. — ancien.
		1. — à coups de poings.

Ces sortes de coupes sont nombreuses, presque toutes renferment des lacunes qui ne peuvent être considérées que comme étant locales ; mais en rapprochant un certain nombre de coupes (La Ferrassie, le Trilobite, Laugerie Haute, Gargas, Castillo, Isturitz, etc.), on établit la succession complète des industries dans les districts de survivance de nos pays.

Je partage l'opinion du professeur M. Boule¹ quand il porte à 10 000 ans environ la date de la fin du régime glaciaire, en m'appuyant sur des données complètement différentes des siennes, de celles de G. de Geer, Sarauw, Kjellmarck, etc. Cette date ne peut pas être très éloignée pour que des gens vivant cinq ou six mille ans avant nous aient été à même de conserver le souvenir d'un cataclysme aussi important par ses conséquences au point de vue de la vie humaine : si ce grand événement avait été plus lointain, les faits seraient entrés dans les ténèbres de l'oubli.

Chez les Grecs, la tradition du déluge et la légende de Deucalion, père d'Hellen, ne peut être qu'une adaptation, d'origine relativement récente, celle de ces vieux récits asiatiques rappelant le grand cataclysme quaternaire dans des textes cunéiformes² remontant à une très haute antiquité. Si cette légende appartenait réellement aux souvenirs de la famille hellénique, elle serait l'écho de phénomènes qui se seraient passés au loin de l'Hellade ; car, au temps où les eaux se sont déchaînées sur le monde, les Grecs n'étaient pas encore sortis du domaine de leurs ancêtres, et il ne semble pas que ce domaine, la Sibérie, eût été touché par le cataclysme. Il fallait donc que le souvenir de la destruction des hommes

1. Les Hommes fossiles, 1921, p. 61. — Cf. G. DE GÉER, A Geochronology of the last 12000 years (*Congrès géolog. intern. de Stockholm*, 1910, p. 241).

2. Cf. G. MASPÉRO, Hist. anc. peuples orient. classiques, t. I, p. 566. Bibliographie, *id.*, note 4.

fût encore bien vif en Asie Antérieure, pour qu'il eût été accueilli par des nouveaux venus, et inscrit dans leurs propres annales légendaires. Nous aurions fort mauvais gré à ne pas tirer de ces traditions non seulement la nature du phénomène destructeur de l'humanité, mais l'assurance que les faits remontent à des temps qui ne sont pas extrêmement reculés.

Il n'entre pas dans ma pensée d'attribuer le dépeuplement quaternaire à un seul cataclysme, et d'unifier les causes et les effets au point de les considérer comme absolument contemporains dans toutes les parties du monde. Je pense qu'il s'agit d'une période assez longue de phénomènes analogues, et non d'un cataclysme général subit, que, dans les détails, les causes ont été multiples; mais que les éléments dominants sont d'une part les mouvements de recul définitif des glaciers, d'autre part un accroissement considérable des précipitations atmosphériques sous forme de pluie ou de neige suivant les climats locaux, alors qu'autrefois elle se produisait surtout sous forme de neige.

Telles sont les explications que je crois pouvoir proposer de ce fait indéniable qu'après la disparition des glaciers, c'est-à-dire à la fin des industries paléolithiques dans nos pays, comme en Afrique du Nord, comme en Asie, la population humaine de ces régions a été considérablement réduite, presque anéantie¹. Bien des personnes ont accueilli les raisons que je donne avec grande satisfaction, quelques-unes m'opposent que dans nos pays on ne trouve pas de traces de phénomènes violents lors de la disparition des derniers glaciers quaternaires. J'ai montré plus haut, en parlant des grandes inondations de nos temps, que des phénomènes de cette nature peuvent fort bien entraîner la destruction de la faune, sur d'immenses étendus, sans pour cela avoir bouleversé la surface du sol, que le dépeuplement des régions qu'il m'a été permis d'étudier ne peut faire aucun doute, et que, partout en Orient, l'étude du terrain vient à l'appui des vieilles traditions chaldéennes. Or, sans nous être communiqué nos observations, après avoir étudié séparément, dans des champs complètement différents sans même jamais nous être entretenus de ce sujet, M. H. Douvillé et moi, nous arrivons aux mêmes conclusions.

Au point de vue de l'histoire de l'humanité, le fait est d'une importance de premier ordre; car c'est des districts de survivance qu'est partie la distribution actuelle des familles humaines sur les

1. Quelques auteurs ont cherché à expliquer le passage du Moustiérien à l'Aurignacien en invoquant l'invasion de tribus étrangères. Tout d'abord cette hypothèse n'explique pas l'hiatus, ensuite elle tombe devant la généralisation du phénomène, généralisation que seuls les événements d'ordre naturel peuvent causer.

continents. Ainsi l'histoire de nos lointains ancêtres se décompose en deux parties bien distinctes, la première, partant probablement des temps tertiaires¹ et s'arrêtant à la fin de la dernière glaciation quaternaire, est du domaine de la Géologie et la seconde débutant par les foyers de survivance, par l'industrie archéolithique, et s'étendant jusqu'à nous, appartient à l'histoire et à sa préface la préhistoire.

1. On sait que l'existence des éolithes ne peut être prouvée (Cf. M. BOULE. L'origine des éolithes, l'*Anthropologie*, 1905, p. 263) parce qu'il est impossible de distinguer entre les silex retouchés de main d'homme et ceux produits par les agents naturels.

SUR LA GÉOLOGIE DE LA MINE DE SAN-NARCISO
(MASSIF DE LA HAYA)
ET LA TECTONIQUE DES PYRÉNÉES BASQUES

PAR E. Fournier ET P. W. Stuart-Menteath¹.

MM. Dallemagne-Paulin, P. Lamare et M. P. Viennot viennent de publier (*CR.* de la séance du 6 novembre 1923, n° 14, p. 169-170 et *CR.* de la séance du 6 mars 1923, n° 5, p. 48-50), de courtes notes, de nature à attirer à nouveau l'attention des tectoniciciens sur le si curieux massif de la Haya², sur la frontière du pays basque espagnol (Feuilles de Saint-Jean-Pied-de-Port, n° 238, et de Bayonne, n° 226). Nous croyons utile de préciser ici quelques points de la géologie de cette intéressante région.

L'un de nous a suivi en détail les travaux de la mine de San-Narciso, située entre Irun et Saint-Sébastien, et a pu constater que le filon de galène et fluorine, jusque-là en plein rapport, était, à 320 m. de profondeur, brusquement coupé par le *granite* du massif de la Haya et qu'avant d'avoir même atteint cette profondeur, le filon était, à plusieurs niveaux, traversé par des apophyses digitées de ce granite.

Avant d'arriver au point où les travaux d'exploitation ont été abandonnés, on peut voir le granite pénétrer transversalement des schistes micacés plissottés, dont l'inclinaison générale est subhorizontale dans la charnière du pli. Ces schistes forment en effet un anticlinal sur le flanc duquel, à 80 m. au-dessus du fond de la mine, on observe un banc de *calcaire* fortement métamorphisé, appartenant probablement au Dévonien. La partie supérieure des schistes est recouverte par des grès rouges et des conglomérats, *identiques à ceux du Trias avoisinant* : ces schistes paraissent donc paléozoïques.

Entre le petit anticlinal dans lequel ont été creusées les galeries de la mine et le massif de la Haya, qui en est distant de 4 km., existe un synclinal de Cénomanién, englobant des lambeaux de Flysch crétacé, à la base duquel existent des *cailloux nettement roulés*, indiquant la proximité d'un littoral. A la base

1. Note présentée à la séance du 9 avril 1923.

2. La montagne de la Haya est bien connue aussi, dans la région, sous le nom de montagne des *Trois-Couronnes*.

du Cénomanién indiscutable de ce synclinal, on a pu recueillir 17 espèces de Céphalopodes du Vraconien. Entre ce synclinal et le granite de la Haya, on rencontre successivement des bandes de Trias, de Carbonifère et de Dévonien. Des sondages faits dans cette région, en vue d'exploiter la galène et la fluorine, dans des gîtes analogues à celui de la mine de San-Narciso, ont partout rencontré le granite en profondeur, et les exploitations ont été arrêtées sur cette roche.

On peut suivre, au SW, la bande anticlinale de San-Narciso et l'on voit le Lias fossilifère de cette bande se dédoubler pour former deux anticlinaux dont le plus interne renferme même un noyau de Marnes irisées avec gypse et ophite, dont on peut observer de beaux affleurements autour du village d'Astigarraga. Nous avons déjà publié¹ plusieurs coupes de la région de la Haya et de la partie comprise entre la Haya et Astigarraga (coupes de la Haya, de la douane de San-Antonio, du ravin au Sud de San-Antonio, du col d'Ispanaguire, de Carrica, d'Oyarzun, etc.) et nous avons montré que, nulle part, ces coupes ne peuvent être interprétées comme décelant l'existence d'une nappe.

Tout autour d'Astigarraga, le Lias est *normalement recouvert* par le Jurassique, le Crétacé inférieur, puis le Cénomanién, et enfin le Flysch crétacé, très développé au-dessus du Cénomanién lignitifère de Hernani qui borde les montagnes.

Le Flysch, après le grand coude de la route aux montagnes, se présente presque horizontal et discordant sur le Cénomanién, le Vraconien, le Callovien, et le Lias *extrêmement fossilifères*.

On observe cette même discordance dans toute la bande de Flysch crétacé, sur une longueur d'une vingtaine de kilomètres ; par contre, il y a continuité absolue et concordance entre le Flysch crétacé, le Danien et l'Éocène qui le surmontent : cet Éocène est parfaitement caractérisé par la présence de sept espèces de *Nummulites* (voir *Boletín Instituto Geológico de España*, t. XX, 2^e série, 1919) et n'est que la continuation de l'Éocène de Biarritz, ainsi que l'un de nous l'a montré, dans les *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*².

Contrairement à ce que semblent croire MM. Dallemagne-Paulin et P. Lamare, le massif de la Haya appartient à une zone tectonique très différente de celle à laquelle se rattache le monti-

1. STUART-MENTEATH. *B. S. G. F.*, (3), XIX, pl. XXI. — E. FOURNIER. Études sur les Pyrénées basques. *Bull. serv. carte géol.*, t. XVIII, n° 121, p. 544-546, fig. 26-31 et *B. S. G. F.*, (4), XIII, p. 199-201, fig. 11 et 12.

2. STUART-MENTEATH. *CR. Ac. Sc.*, 11 juin 1894 ; 9 mai et 11 octobre 1920 ; 4 déc. 1922.

culé de Moiné-Mendia¹, qui est d'ailleurs situé à *plus de 50 km. de là*, et il est paradoxal de chercher, dans la mine de San-Narciso, dont les principaux travaux sont d'ailleurs *noyés depuis trente ans*, des arguments en faveur d'une interprétation nappiste de Moiné-Mendia. M. Léon Bertrand lui-même, place San-Narciso dans une nappe *sous-pyrénéenne* et Moiné-Mendia dans une *nappe prépyrénéenne* d'origine différente.

Le massif de Moiné-Mendia fait intégralement partie du massif ancien du Labourd, tandis que la zone tectonique de la Haya passe bien au Sud de ce massif, dont elle est séparée par une bande transgressive, presque ininterrompue, de Trias gréseux. Le Dévonien et le Carbonifère de la zone de Véra, Alzate, Ibantelli et Urdax, prolongement vers l'Est de la zone de la Haya, sont, comme l'a bien figuré M. Termier sur la feuille de Saint-Jean-Pied-de-Port, recouverts partout, en *discordance*, par les grès triasiques.

Les mêmes grès triasiques reposent également, en discordance sur le Paléozoïque du flanc sud du massif du Labourd. On ne saurait donc rattacher la Haya et le Labourd à une même nappe qui aurait passé *sur* les dits grès triasiques et si l'on voulait, contre toute vraisemblance, voir dans cette région un charriage gigantesque, on en serait réduit à considérer le Flysch de Burguete, Roncevaux, Orbara, comme se réunissant souterrainement, d'une part au Flysch crétacé de la Nive supérieure, et d'autre part au Flysch crétacé de la zone sous-pyrénéenne, qui s'étend entre Hendayé, Cambo, le Nord d'Hasparren, etc.

Dans cette hypothèse, dont le moins qu'on puisse dire est qu'elle « manque d'objectivité »², tous les massifs de Trias et de Paléozoïque de la partie sud de la feuille de Bayonne et tous ceux de la feuille de Saint-Jean-Pied-de-Port *flotteraient sur le Flysch crétacé*, et il faudrait perdre tout espoir de trouver jamais les racines de cette immense nappe puisqu'il n'existe plus de Paléozoïque plus au Sud.

Cette conception paradoxale peut avoir été suggérée par quatre coupes de la thèse de Seunes (planches 2 et 3) figurant de petits synclinaux de Cénomanién dans le Paléozoïque et le gneiss. Sur la feuille de Bayonne, Seunes a cependant bien reconnu que les cipolins de Louhossoa étaient paléozoïques et il est en effet

1. Sommet 371 au SSE d'Hélette, angle NE de la feuille de Saint-Jean-Pied-de-Port.

2. Suivant la très heureuse expression employée par M. Savornin au sujet de la prétendue nappe *Triasico-Éocène* du Tselfat. *B. S. G. F., CR, sommaire* n° 15, 1922, p. 186.

impossible de les interpréter comme plus récents que le Dévonien du Labourd, qui présente souvent, plus au Sud, à son contact avec le granite, de la chiastolite et d'autres minéraux de métamorphisme, que l'on retrouve également dans les dits cipolins. Le filon intrusif de granulite décomposée en kaolin qui, à Louhossoa, traverse le gneiss et les quartzites, est également parfaitement en place dans le massif ancien, sur le flanc nord duquel le Cénomanien et le Flysch sont *en transgression*. Ce dernier renfermant à sa base un conglomérat à cailloux *parfaitement roulés* de granulite, de granite et de gneiss arrachés au massif ancien, comme à Moiné-Mendia. A Urcuray, à 4 km. environ à l'WSW d'Hasparren, passe, entre le Jurassique et les gneiss du Labourd une bande de Mésocrétacé et de schistes gréseux à *Fucoïdes* crétacés reconnus déjà comme tels par Lory (*B. S. G. F.*, (2), XXIII, p. 831). Cette bande a été figurée, à tort, sur la feuille de Bayonne comme entièrement jurassique et c'est par une interprétation encore plus erronée que certains auteurs ont interprété la bande de Flysch comme Carbonifère. On retrouve d'ailleurs des affleurements de pegmatite et de schistes cristallins entre Saint-Esteben et Armendarits, exactement dans l'angle SW de la feuille d'Orthez, où les gneiss, les micaschistes et les roches cristallines broyées des zones de bordure du Labourd se retrouvent indiscutablement *au-dessous* du Lias et de l'ophite comme l'un de nous l'a déjà figuré ¹ dès 1913.

Un peu au Nord de Moiné-Mendia, la transgression du Flysch sur le gneiss est encore plus visible et s'accroît davantage entre Iholdy et Hélette. Quant aux conglomérats côtiers d'Hasparren, ils sont situés entre le Flysch crétacé et les gneiss : ils renferment des *galets* de schistes à staurotide, mais aussi des blocs de Cénomanien fossilifère, comme ceux des conglomérats de Gotein qui reposent sur l'Albien ².

Il existe de nombreuses autres preuves *directes* de l'*inexistence* d'une telle nappe. Une des plus concluantes est celle fournie par la coupe à l'Est et au Nord-Est de la « Fabrica de Orbaiceta », au N de ce village où l'on voit les schistes du Silurien et du Coblentzien (ce dernier fossilifère) recouverts, *en discordance*, par un poulingue quartzeux qui les sépare du Cénomanien *fossilifère*, *surmonté* lui-même par le Flysch crétacé de Roncevaux et de Bur-

1. E. FOURNIER. *B. S. G. F.*, (4), XIII, p. 186, fig. 2 et p. 194, fig. 7.

2. Nous conseillons aux géologues qui pourraient être tentés de prendre de tels conglomérats pour des *mylonites*, d'aller voir ceux du pic d'Erocaté, près Béhérobic, dans lesquels des fossiles cénomaniens sont fixés sur des blocs d'ophite et de conglomérats permien.

guete. Les terrains paléozoïques (Silurien et Dévonien) de la Fabrica Reale, figurés par erreur comme crétacés sur la Carte géologique à 1/80 000, apparaissent là *sous* le Crétacé, à la faveur de l'érosion produite par la petite rivière de Legarza, affluent de l'Yrati. Ces terrains paléozoïques, qui appartiennent à la bande du col d'Ibañeta passent *sous* le Crétacé d'Orgambidoaco-Lepoa et passent également *sous* le Crétacé du versant espagnol. Le plongement du Flysch crétacé sous le Paléozoïque, au N de Roncevaux, est d'ailleurs un phénomène tout à fait naturel, puisque, dans la plus grande partie de la bordure espagnole des Pyrénées basques, les plis sont couchés vers le Sud. On ne saurait donc y trouver, bien au contraire, un argument en faveur d'une nappe qui aurait été charriée du Sud au Nord. Le Cénomanien monte, en écharpe, jusqu'aux sommets à 900 m., au-dessus de Valcarlos. L'affleurement de grès du Trias inférieur, à Misquiri, *sous* le Flysch crétacé, affleurement figuré sur la Feuille de Saint-Jean-Pied-de-Port, vient confirmer d'une façon éclatante les faits signalés à la Fabrica de Orbaiceta. A Misquiri, un bourrelet formé de Trias, Carbonifère et Dévonien, fait affleurer le Paléozoïque, avec filons exploités, avec les mêmes minerais et les mêmes roches que dans le Paléozoïque de Roncevaux, Valcarlos et la Fabrica, mais sans granite ni ophite. Le Cénomanien à *Orbitolina concava* typique, avec lignite de Hernani à sa base, borde le Flysch de la cuvette de Roncevaux, comme il borde les cuvettes de San-Narciso et de Sare. Cette dernière cuvette est extérieurement bordée par un affleurement de Trias et de Carbonifère, presque entièrement masqué par du *Lias fossilifère* et de l'*Albien* à *Ammonites*, comme à Astigarraga. A la base de ce bourrelet de Sare, on trouve des pointements du granite du Labourd, enraciné en profondeur, comme au NW d'Armendarits (ce granite intrusif étant indépendant des zones tectoniques).

Ce n'est qu'en faisant abstraction de tels faits que l'on peut arriver à imaginer des charriages multiples et à figurer les grès siliceux à *Scolicia prisca* QUATREFAGES, des environs de Santander, comme charriés sur le Danien, auquel ils succèdent normalement, et à affirmer d'autre part que les mêmes grès à *Scolicia* de la côte font partie du Flysch *au-dessous* de la nappe Nord-Pyrénéenne de San-Narciso et que le Nummulitique de Biarritz et Hendaye tourne vers le NW, loin de la côte espagnole (selon les cartes de M. L. Bertrand). Le *Boletín* espagnol de 1919 et 1920, par une nouvelle carte de la Navarre et des coupes et photographies des environs de San-Narciso, a d'ailleurs déjà, en conformité avec la carte des *Comptes-Rendus* de 1894, réfuté les principales erreurs d'interprétation de la structure de cette région.

En ce qui concerne San-Narciso, la profondeur de la mine n'a pas dépassé 320 m., à la veille de son abandon et de la vente de ses machines. Le directeur de cette mine nous confirme que, depuis 1893, on n'y a fait aucun travail d'excavation et qu'on s'est contenté de traiter, dans une laverie, les restes de la pile de débris extraits ; on ne peut donc que s'étonner de voir établir des conclusions nouvelles, sur des constatations faites sans doute sur ces débris remaniés, et contraires aux observations faites sur place par l'un de nous, *dans la mine elle-même*, à l'époque où il était possible d'accéder au fond, où il a vu extraire les dernières racines de galène et de spath fluor, au milieu de puissantes apophyses granitiques (granitophyriques), qui coupaient transversalement les schistes très micacés, subhorizontaux de la charnière anticlinale, en les redressant localement à leur contact, parfois jusqu'à la verticale.

On se trouvait là à l'entrée du granite massif, qui a partout été rencontré dans la région *comme substratum*, dans les galeries de toutes les mines entourant la Haya et dans tous les sondages au diamant faits entre la Haya et San-Narciso. Contrairement à ce que semble penser M. P. Lamare (*Bull. S. G. F., CR. sommaires*, n° 12, séance du 21 juin 1920, p. 133), le bourrelet anticlinal de San-Narciso se continue dans la direction du Santiago-Mendi avec une allure *parfaitement normale*. Les schistes qui affleurent dans l'axe anticlinal d'Astigarraga n'ont rien de commun avec ceux que l'on observe dans la bande synclinale qui passe à plus d'un kilomètre au SE, et qui sont, en effet, du Flysch crétacé : les schistes qui entourent le village d'Astigarraga, et qui ont pour substratum le Trias et l'ophite, forment le noyau d'une série *très fossilifère* de Lias et de Jurassique, surmontée elle-même par une série fossilifère renfermant du Cénomanien indiscutable. Ces schistes sont *en anticlinal* et replongent vers le Nord *sous une série régulière* de plus de 200 m. de Jurassique et d'Infracrétacé surmontée par un beau marbre à *Caprines* du Cénomanien, sur lequel le Flysch crétacé s'appuie *normalement* et monte jusqu'aux sommets, exactement comme à Moine-Mendia et autres points de la bordure du Labourd, quant à l'allure du Nummulitique par rapport aux formations secondaires de cette région, elle a été fort exactement représentée dans les Bulletins du Service espagnol ¹, où l'on peut voir très nettement que ces formations suivent très normalement la côte espagnole vers le SW, ce qui est en contradiction absolue avec l'allure tectonique

1. VICENTE KINDELAN. Nota sobre el Eoceno de Guipuzcoa. *Boletín Inst. geol. de España*, t. XX, 2^e série, 1919 et t. XXI, 1920.

esquissée par M. Léon Bertrand dans les cartes qu'il a publiées dans le *Bull. S. G. F.*, (4), XI, 1911, p. 148 à 152 (Séance du 20 mars 1911) et où il représente la bande nummulitique comme filant vers le Nord-Ouest, loin de la côte espagnole.

Quant au massif de Moiné-Mendia, répétons que loin de fournir un appui à l'hypothèse des nappes, il fournit au contraire les arguments les plus concluants *contre* l'hypothèse d'un charriage d'ensemble du Labourd sur le Flysch crétacé, qui repose sur lui *normalement*, nettement en discordance à 30° ; le contact est bien visible et accompagné de *poudingues*, à éléments parfaitement arrondis, empruntés aux gneiss et granulites sous-jacents. Le massif de Moiné-Mendia fait partie du massif autochtone du Labourd, dont il n'est en quelque sorte qu'un promontoire que l'érosion a dépouillé, vers Hélette, de son manteau de Flysch crétacé¹. Dans le Bois de Hochalandia, plus au SE (Feuille de Mauléon, quart NW), on retrouve, dans le Flysch, des *conglomérats* analogues à ceux de Moiné-Mendia, mais renfermant des blocs d'ophite et de granulites du Labourd, dont quelques-uns ont un volume de plus de 1 m. cube². Ces blocs sont *englobés dans le Flysch* ; ils n'ont donc pas été charriés sur lui. Entre Méharin Saint-Estéban (Feuille d'Orthez, SW), Armendarits et Iholdy (Feuille de Mauléon NW), de nombreux pointements de gneiss du Labourd, *sous* le Crétacé, parfois même *sous* le Jurassique, ne laissent aucun doute sur la transgressivité de ces formations et sur l'origine indubitablement autochtone des gneiss, granites, et granulites du Labourd³.

1. Voir E. FOURNIER. *B. S. G. F.*, (4), VII, 1907, p. 155-156 ; *ibid.*, (4), XIII, 1913, p. 197.

2. E. FOURNIER. Études sur les Pyrénées basques. *Bull. Serv. Carte géol.*, t. XVIII, n° 121, p. 53-54 et fig. 25.

3. Pour le Flysch de Moiné-Mendia et San-Narciso, voir : STUART-MENTEATH. *B. S. G. F.*, 1881, p. 304-333 et 1886, p. 587-607 ; complétés par douze notes subséquentes.

SUR LA DÉCOUVERTE DU BARTONNIEN SUR LE REVERS NORD DES ALPILLES (BOUCHES-DU-RHÔNE)

PAR **P. de Brun** et **C. Chatelet** ¹.

A l'époque où fut publiée (1888) la feuille d'Avignon n° 222, de la Carte géologique de France, toutes les couches terrestres et lacustres de l'Éocène figurèrent dans une même notation compréhensive (c⁹) avec celles du Crétacé supérieur de même origine.

Mais, depuis cette publication et surtout la découverte faite par le collecteur Provençal, d'Orgon, d'un gisement très riche de la zone à *Bulimus Hopei*, au moulin de Marc près d'Eygalières, les divers auteurs qui ont étudié cette région s'efforcèrent de classer d'une façon rationnelle les couches éocènes et de les faire rentrer dans le cadre déjà bien déterminé de celles du bassin d'Aix.

Après la note très succincte de Collot (*B.S.G.F.*, (3), t. XIX, 1891), celle de M. Depéret (*B.S.G.F.*, (3), XXII, 1894) a clairement élucidé tout ce qui concernait le groupe éocène supérieur et moyen de la région. Mais les couches supérieures au Lutécien n'étaient pas connues et tous les géologues terminaient la coupe de l'Éocène par les calcaires à silex (pierre meulière) surmontant les couches du moulin de Marc et s'enfonçant sous les formations quaternaires de la plaine.

Plus récemment une petite note de E. Pellat (*B.S.G.F.*, (3), XXVIII, 1900), signalait bien près du Plan d'Orgon la présence de couches infra-tongriennes à *Limnea longiscata* et *Planorbis Rouvillei*.

Mais la partie supérieure de l'Éocène (Bartonien et Ludien) restait inconnue et M. Roman (*B.S.G.F.*, (4), t. III, 1903) s'appuyant sur les travaux de Collot et Vasseur (*Ann. Fac. Sc. Marseille*, t. VIII, 1898) pouvait dire, avec juste raison semblait-il, que le Bartonien et le Ludien manquaient en Provence et qu'une importante lacune mettait en contact le Lutécien supérieur avec le Ludien supérieur.

Nous sommes parvenus à combler une partie de cette lacune en ajoutant à la série éocène déjà connue sur le revers nord des Alpilles, un horizon contenant une faune conchyliologique très nette du Bartonien. -

1. Note présentée à la séance du 5 mars 1923.

C'est en étudiant le gisement du Plan d'Orgon, signalé par Pellat, et en essayant de le raccorder au calcaire à silex du Lutécien, que nous avons pu découvrir un lambeau de marnes et marno-calcaires très tendres, ayant échappé par un heureux hasard, à la dénudation quaternaire. Il est situé sur le vieux chemin quittant la route nationale n° 99 près de la station de Saint-Didier et aboutissant à la route nationale n° 7 près de la Pierre Plantée. Ce chemin entame, au moment de traverser le canal des Alpilles les couches blanches et rosées qui nous ont fourni la faunule très intéressante du Bartonien qu'a bien voulu étudier M. Roman.

Nous jugeons intéressant de donner ci-contre les coupes de détail de la tranchée de la gare du Plan d'Orgon et du chemin de la Pierre Plantée que nous raccorderons, dans une coupe schématique générale (Fig. 3) et avec la même série de numéros, aux couches déjà connues et étudiées du Moulin de Marc (Lutécien).



FIG. 1. — COUPE DE LA TRANCHÉE DE LA GARE DE PLAN D'ORGON
Longueur approximative : 200 m.

eb) éboulis formé sur place des matériaux des couches susjacentes.

- 1) calcaire compact blanc sans fossiles ;
- 2) calcaire jaunâtre et blanc par place avec, à la base, une zone ferrugineuse très mince ;
- 3) calcaire travertineux blanc grisâtre pétri de Limnées, Planorbes, Bithinies et *Spharium* presque toujours à l'état de moules, soit internes, soit externes. D'après M. Roman, les Limnées appartiendraient toutes au groupe de *L. longiscata* commune dans l'Éocène supérieur et l'Oligocène du Midi de la France. Le Planorbe serait le *Pl. Vasseur* (= *Pl. castrensis* Vasseur non Noulet) ;
- 4) calcaire pseudo-lithographique blanc sans fossiles ;
- 5) calcaire compact jaunâtre (c'est le calcaire nankin signalé dans la note de Pellat) sans fossiles ;
- 6) calcaire blanc compact et fin à Limnées et Hydrobies ;
- 7) calcaire blanc avec zones siliceuses rosées sans fossiles ;
- 8) calcaire blanc compact avec moules de Limnées ;
- 9) calcaire lithographique blanc à cassure conchoïdale se délitant à la base et devenant marneux, sans fossiles ;
- 10) marne blanche sans fossiles avec intercalation de petits blancs calcaires et des silex roses. C'est sur cet horizon qu'est bâtie la ferme Monnoyer, près de la tranchée.

Cette succession de couches d'une épaisseur assez faible (environ 55 mètres), d'un pendage de 25° Nord-Ouest, a véritablement un aspect sannoisien et l'on s'explique très facilement comment Pellat, confondant le Planorbe qui abonde dans la couche 3 avec *Pl. Rouvillei* FONTANNES, en a fait de l'Infratron-grien. Il paraît plus probable d'après M. Roman, qu'il s'agit du *Plan. Vasseur* (= *castrensis* VASSEUR non NOULET) forme caractéristique du Bartonien du Languedoc.

Tout le haut de la butte, coupée en tranchée par la voie ferrée, est occupé par un cailloutis à gros éléments, partiellement roulés, arrachés aux couches de l'Éocène moyen (calcaire, silex, etc.) dont les escarpements dominant au Sud-Est le gisement que nous venons de décrire. Entre les deux, on ne voit aucune trace des bancs intermédiaires, ceux-ci, trop tendres, ayant été enlevés par l'érosion et le vallon qu'elle a creusé ayant été rempli postérieurement par les alluvions de la Durance quaternaire, exploitées actuellement comme sable à bâtir.

Un peu au Sud-Ouest se voit une autre butte, plus petite encore, et recouverte en grande partie par les cailloutis. Nous avons pu y reconnaître la présence des couches 9 et 10 ci-dessus.

Il faut aller encore plus au Sud-Ouest pour trouver le gisement de Bartonien inférieur que nous avons découvert.

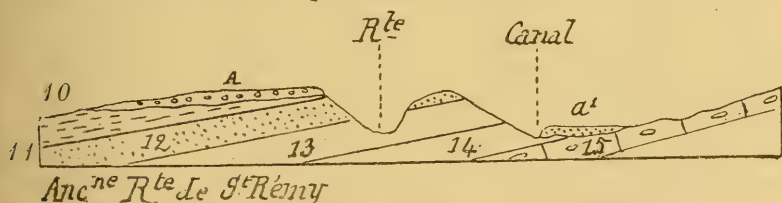


FIG. 2. — COUPE DE LA TRANCHÉE DU CHEMIN DE LA PIERRE PLANTÉE.

10) Marnes blanches avec intercalations de petits bancs calcaires fragiles sans fossiles et des silex roses.

Nous retrouvons ici les couches de la ferme Monnoyer qui établissent le trait d'union entre la coupe 1 et la présente. Elles apparaissent à l'extrémité sud-ouest et au sommet de la tranchée où elles ont été recouvertes par les cailloutis à gros éléments peu roulés;

11) marnes rosées et blanches où ont été trouvés des *Helix*, des *Strophostoma* et quelques rares *Ischurostoma*;

12) marnes et calcaires très marneux, versicolores (blanc, jaune, rose) avec *Ischurostoma minuta* fréquents en bon état de conservation, *Dactylomorpha Genèveauxi* et *Strophostoma præglobosum*. Cette faune est, pour M. Roman, tout à fait caractéristique du Bartonien;

13) marnes blanchâtres et rosées, sans fossiles, érodées, un peu plus haut que notre coupe, par les alluvions quaternaires (a¹) à petits cailloux verts de la Durance;

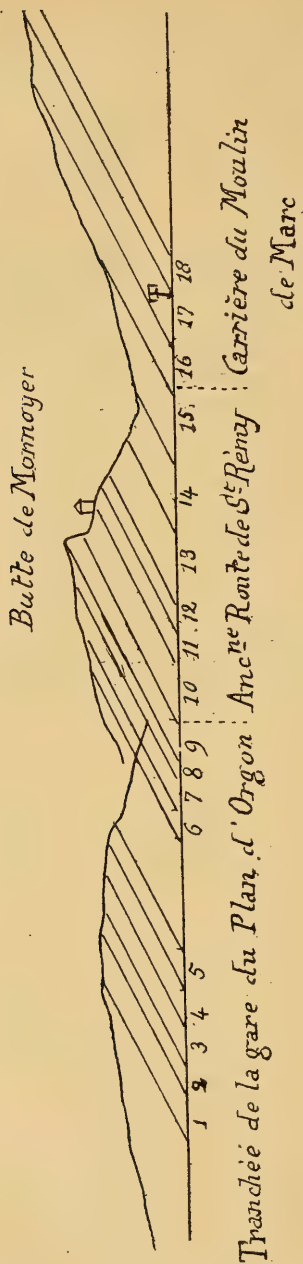


FIG. 3. — COUPE SCHÉMATIQUE GÉNÉRALE DU LUTÉCIEN ET DU BARTONIEN DU REVERS NORD DES ALPILLES.

Toutes ces couches (de 10 à 13), entamées par le chemin de la Pierre Plantée ont une épaisseur totale d'environ 100 mètres, leur pendage est de 10 degrés nord-ouest ;

14) calcaire lithographique rosé, dur, visible dans le canal, sans fossiles ;

15) calcaire un peu jaunâtre avec lits de silex translucides de diverses teintes, anciennement exploité comme meulière, sans fossiles ;

16) calcaire jaunâtre dur, sans fossiles ;

17) calcaire blanc et rosé, un peu noduleux, sans fossiles en ce point, mais qui contient, dans la carrière du moulin de Marc la faune si intéressante décrite par M. Roman en 1899 (*Ann. Univ. Lyon* [2] fasc. 1) et révisée par lui dans la note ci-après ;

18) calcaire blanc dur, contenant dans ce dernier quartier de rares Physes de très petite taille, à l'état de moules internes et indéterminables spécifiquement.

Du fait de notre découverte, la lacune stratigraphique si importante signalée par MM. Vasseur et Roman pour la Provence est en partie comblée : l'existence du Bartonien complet est démontrée. De plus, la faunule qu'a bien voulu décrire M. Roman, sur des exemplaires en assez bon état de conservation, complète d'une façon très heureuse celle du Bartonien de Saint-Mamert (Gard), une des premières connues pour le Midi de la France.

Nous n'avons pu malheureusement reconnaître le Ludien, mais il n'est pas impossible que des recherches très poussées sur le revers nord des Alpilles fassent quelque jour trouver un lambeau fossilifère échappé à la dénuda-

tion quaternaire qui a été si intense dans cette région.

Nous nous y emploierons de notre mieux.

REVISION DE QUELQUES ESPÈCES DE MOLLUSQUES CONTINENTAUX DE L'ÉOCÈNE DU MIDI DE LA FRANCE

PAR **F. Roman**¹.

PLANCHE VII.

La découverte faite par MM. de Brun et Chatelet de gisements nouveaux de Mollusques dans les calcaires lacustres et continentaux éocènes au pied des Alpilles et dont ils m'ont communiqué les fossiles, m'ont conduit à une revision des principales espèces.

J'avais eu communication, en 1899, des spécimens récoltés par Pellat, Curet et Provençal dans les mêmes localités ; ces matériaux ont été complétés par les récentes trouvailles de MM. de Brun et Chatelet.

M. Repelin a bien voulu me confier quelques précieux spécimens de la collection Matheron du Musée de Marseille, complétés par d'autres échantillons de la Faculté des Sciences, recueillis par Vasseur.

Grâce à tous ces envois, et aussi à l'aide de très beaux matériaux de la collection Gennevaux de Montpellier, léguée il y a quelques années à l'Université de Lyon, il m'a été possible de préciser plusieurs points douteux sur l'extension stratigraphique de diverses espèces.

Avant de terminer ces quelques mots d'introduction, j'adresse tous mes remerciements à ceux qui m'ont aidé, à M. Repelin et surtout à mes deux fidèles correspondants et amis de Saint-Rémy et d'Avignon.

J'étudierai les divers gisements suivant leur ordre stratigraphique en commençant par les plus anciens.

1. — GISEMENT D'EYGALIÈRES, PRÈS ORGON.

Le plus anciennement connu est celui d'Eygalières (Moulin de Marc, étudié par Nicolas d'Avignon et Pellat). On y a recueilli les espèces suivantes :

1. Note présentée à la séance du 5 mars 1923.

*Amphidromus Hopei*¹ M. DE SERRES

Echantillons tout à fait conformes aux types de la région de Montpellier. J'ai figuré en 1899 un exemplaire d'Eygalières (La faune lacustre de l'Éocène moyen; p. 26, pl. III, fig. 1-2²).

Amph. Hopei est une forme qui a une grande extension stratigraphique. D'après Vasseur elle débute dans le bassin d'Aix immédiatement au-dessus des calcaires de Langesse (niveau de Palette). Elle devient plus abondante à la base du calcaire du Montaignet où elle est associée à *Pl. pseudorotundatus* et *Limn. aquensis*.

Dans l'Hérault je la connais jusque dans le Lutécien supérieur.

Rillya Matheroni n. sp., = *Rillya* aff. *Rillyensis* ROMAN

Pl. VII, fig. 7.

ROMAN : Faune lac. Éoc. moy., p. 32, pl. III, fig. 7.

Il me paraît utile de désigner sous un nom nouveau cette forme qui offre de certains rapports avec celle du bassin de Paris, mais qui en diffère par sa spire plus cylindrique, son dernier tour moins élevé et son ouverture un peu plus rétrécie. L'ornementation du test paraît très analogue dans les deux espèces³.

La bouche est incomplète dans les exemplaires étudiés; j'ai néanmoins pu reconnaître en préparant ces pièces l'existence d'un pli columellaire, très marqué, qui paraît se maintenir jusqu'au péristome (Fig. 1, a) et qui est visible dans les deux exemplaires.

Un autre pli moins fort et qui est plus profondément enfoncé se voit très près de l'angle postérieur de l'ouverture.

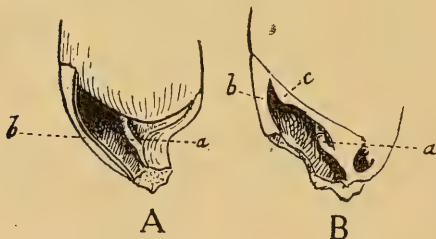


FIG. 1. — SECTION DU DERNIER TOUR DE *Rillya Matheroni* D'EYGALIÈRES.

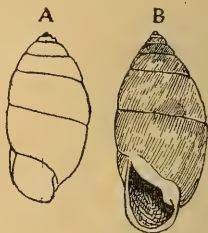


FIG. 2. — A, *Rillya Matheroni*; B, *Rillya Rillyensis* (grand. naturelle).

Les deux figures ci-jointes montrent l'une (Fig. 1, A) une section du tour assez près du péristome. L'autre est faite un peu plus en arrière.

La figure comparative ci-jointe faite d'après un échantillon de Buoux (Vaucluse) recueilli par M. Depéret, donne une idée des différences des deux espèces. La position stratigraphique est une des

1. Le nom générique *Amphidromus* est à supprimer. Je me propose de créer prochainement une coupure nouvelle ayant pour type cette espèce.

2. Depuis la rédaction de cette note j'ai eu entre les mains d'autres exemplaires,

3. *Annales de l'Univ. de Lyon*, nouv. sér., fasc. 1.

raisons qui m'engage à séparer l'espèce, qui dans tous les gisements du Midi de la France où elle a été rencontrée, accompagne *L. pseudo ammonius* et *Limnea Michelini* appartient au Lutécien tandis que les calcaires de Rilly sont sparnaciens.

Helix eygalierensis ROMAN

ROMAN : faun. lac. Éoc. moy., p. 25, pl. II, fig. 11. *

Petite espèce encore insuffisamment connue. 5 échantillons (coll. de Brun).

*Dactylomorpha*¹ *subcylindrica* MATHERON

Pl. VII, fig. 1, 1 a, 2, 2 a, 3, 3 a.

MATHERON : Catal. method., p. 206, pl. XXXIV, fig. 6, 7 = *Amphidromus Serresi* ? ROMAN (non MATH.) Faune lac. Éoc., p. 28, pl. III, fig. 3-5 = *Dactylius subcylindricus* MATH., ROMAN, *B.S.G.F.* (4), t. 3, p. 589 (*pars*).

Un moule interne bien reconnaissable, communiqué par M. de Brun.

Cette espèce était assez mal connue et mal figurée. Grâce à l'obligeance de M. Rpelin j'ai eu communication des exemplaires de la collection Matheron au Musée de Marseille ainsi que d'autres types de Vasseur du bassin d'Aix (calc. de Cuques) recueillis par le professeur de Marseille et par Marion.

Il m'est donc possible de figurer des pièces authentiques qui si elles ne représentent pas le *type* même de Matheron (dont la figure apparemment reconstituée à l'aide de plusieurs exemplaires) sont tout au moins des topotypes recueillis par l'auteur.

Diagnose originale : *Testa sinistrorsa, elongata, turrata longitudinaliter confertim striata anfractibus convexiusculis, numerosis, apertura oblonga labro simplici, spira...* ?

Terrain à lignites, quartier du Montaiguët près Aix.

Les pièces de la collection Matheron, consistent en quatre exemplaires incomplets pourvus de leur test, dont un seul a conservé son ouverture, et un autre l'extrémité de la spire. Il y a de plus un certain nombre de fragments de l'extrémité de la spire.

Elles se complètent par deux échantillons presque complets de la butte de Cuques (Fac. des Sciences de Marseille).

Comme on le voit d'après la planche jointe à ce travail cette espèce est assez acuminée et non tronquée comme le pensait Matheron (Pl. VII, fig. 1-3). Les 7 ou 8 premiers tours s'accroissent lentement ; la spire est conique et le sommet légèrement arrondi.

Le dernier tour assez grand occupe un peu moins de la moitié de la longueur totale. Les tours faiblement convexes sont séparés par des sutures linéaires et ornés de costules assez grossières et rapprochées.

L'ouverture ovulaire allongée, oblique, est entière et très anguleuse

1. *Dactylomorpha* GÜDE = *Dactylius* SANDBERGER ; voir p. 20.

en arrière, le bord columellaire arqué en forme d'S très allongé se raccorde au labre par une courbe qui dessine presque un angle droit. Le labre convexe est un peu refléchi, mais peu épais. Un pli columellaire assez mince et profond est surtout visible lorsque le bord columellaire a disparu.

Longueur de l'échantillon de Cuques en y comprenant deux tours embryonnaires qui manquent sur ce spécimen), 53 mm.

Largeur du dernier tour, 17 mm. ; hauteur de la bouche, 19 mm.

On remarquera que ce spécimen (Pl. VII, fig. 3,3a) a été reconstitué au plâtre, la forme de l'ouverture n'est donc pas exacte et l'on doit pour cette partie se référer aux figures 1 et 2.

Rapports et différences. — Cette espèce diffère de *Dact. Genevauxi* par sa taille un peu moindre, sa forme plus régulièrement conique et son pli columellaire plus profond et moins développé.

Dact. subcylindrica est très caractéristique des calcaires du Montaignet, c'est-à-dire de la base du Lutécien du bassin d'Aix. Selon Vasseur (Note prélim. sur la constitution du bassin tertiaire d'Aix en Provence, *Ann. Fac. Sc. Marseille*, t. VI, fasc. 7, 1896) elle y est associée à *Stroph. lapicida* LEUF., *Limnea aquensis* MATH., *Helix Marioni* MATH., *Bul. Hopei* DE SERRES. Elle se retrouve dans les calcaires de Cuques à *Plan. pseudo-ammonius* et *Limn. Michelini*.

En résumé l'espèce de Matheron me paraît être le premier terme d'une série de mutations d'un même type, débutant dans le Lutécien inférieur avec *D. subcylindrica*, représenté dans le Lutécien supérieur par *Dact. Genevauxi*, forme qui atteint à Plan d'Orgon le Bartonien inférieur. La partie supérieure de ce même étage est caractérisée par *Dact. rohiacensis*.

Planorbis cf. pseudorotundatus MATH.

Trois petits exemplaires recueillis à Eygalières m'ont été communiqués par M. de Brun ; ils sont très plats et paraissent plutôt se rapporter à cette espèce qu'au *Pl. pseudoammonius*. Ils sont trop jeunes pour qu'on puisse avoir une certitude.

2. — GISEMENT DE LA BUTTE SAINT-ROCH, PRÈS ORGON.

Une seule espèce provient de ce gisement :

Rillya gibba NICOLAS

NICOLAS : Faune mal. du Danien, *A. F. A. S.*, 1890 (= *Amphidromus gibbus* NIC. ; ROMAN, faune lac. Éoc. p. 31, pl. III, fig. 6, 6a).

Cette espèce, indument attribuée par Nicolas au Danien, provient de la partie supérieure des calcaires qui dominent la butte Saint-Roch, au-dessus des sables bigarrés de l'Éocène inférieur. Cette espèce ayant été retrouvée sur plusieurs points associés à *Amphidr. Hopei* (Saint-Chinian, Réals) (Hérault) appartient certainement au Lutécien. Par sa forme générale elle se rapproche de *Rillya tenuistriata* du Sparnacien de Grauves.

Limnæa Michelini DESH.

Forme assez rare au Moulin de Marc près Eygalières.

3. — GISEMENT DU CHEMIN DE LA PIERRE PLANTÉE.

Ce gîte nouveau, découvert par MM. de Brun et Chatelet ne renferme que des espèces terrestres :

Helix sp. taille de *H. Marioni* MATH.

Un seul moule interne insuffisant.

Helix alpillensis n. sp.

Pl. VII, fig. 10, 10 a, 10 b ($\times 2$).

Un exemplaire d'une espèce de petite taille, globuleuse, imperforée, assez renflée, à 5 tours arrondis légèrement étagés, séparés par des sutures assez profondes, le dernier assez grand et globuleux en dessous.

Ouverture imparfaitement préservée, la partie du labre conservé, montre qu'elle était un peu réfléchie avec un épaississement columellaire bien marqué. Surface de la coquille lisse.

Diam. 12 mm., hauteur 8 mm.

Cette forme qui se rapporte aux *Helix* s. str., paraît différente des espèces connues de l'Éocène. On pourrait lui comparer *H. Droueti* Boissy, du Thanétien de Rilly, qui est à peu près de la même grosseur (v. Cossmann et Pissaro, Iconogr. pl. LIX, fig. 267-1) mais elle est moins élevée et ses sutures moins profondes. *H. Heberti* du calcaire de Saint-Ouen (*id.* fig. 267-2) a des tours plus étagés, de plus elle est striée.

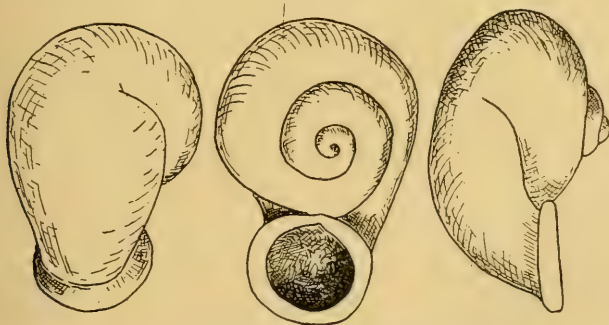


FIG. 3. — *Strophostoma præglobosum* ROMAN.

Chemin de la Pierre Plantée, Bartonien inf. (coll. Chatelet) (gr. nat.).

Strophostoma præglobosum ROMAN

ROMAN : Et. des bass. lac., de l'Éoc. et de l'Olig. du Languedoc, B.S.G.F., (4), t. 3, pl. xx, fig. 1-1a.

Deux exemplaires de cette espèce ont été recueillis par MM. de Brun et Chatelet dans le même gisement (Fig. 3). Sa dimension est tout à fait celle du type du Bartonien de Saint-Mamert, il est donc plus gros que le *Str. lapicida* du Lutécien avec lequel il ne peut être confondu.

Ischurostoma minuta NOULET

Pl. VII, fig. 8, 8 a, 8 b, 9, 9 a, 9 b.

Cyclostoma formosum var. *minuta* NOULET. Mémoire sur les coq., foss. des terrains d'eau douce du SW de la France (2^e éd., 1868, p. 91, non figuré).

Diagnose refaite d'après un exemplaire de Plan d'Orgon (coll. de Brun).

Coquille turriculée, légèrement pupoïde, composée de 7 à 8 tours arrondis séparés par des sutures profondes obliques. Le dernier tour occupe les 4/7 de la longueur totale.

Bouche entière, ovoïde anguleuse en arrière, à péristome simple assez épais un peu réfléchi, mais ne formant pas de bourrelet.

Ornementation formée de très fines stries transverses visibles surtout dans le voisinage de l'ouverture.

Longueur, 29 m. ; diamètre du dernier tour, 12 m.

Rapports et différences. — J'ai préféré prendre pour type de ma description un exemplaire de Plan d'Orgon admirablement conservé, plutôt qu'un spécimen du Sud-Ouest, ce qui aurait été plus rationnel, parce que je n'avais de cette dernière région que des échantillons médiocres, mais d'ailleurs tout à fait semblables.

Cette espèce par sa taille rappelle beaucoup *Dissostoma mumia* du bassin de Paris, mais en diffère nettement : par son péristome simple au lieu d'être double et son ornementation exclusivement formée de stries transverses et non spirales.

Considérée par Noulet comme une simple variété de *Cycl. formosum* BOUBÉE, cette espèce en diffère non seulement par sa taille, qui est près de moitié moindre, mais par la disposition de son péristome simplement réfléchi au lieu de former un fort bourrelet.

Vasseur a attiré l'attention sur cette forme qui est assez fréquente depuis le niveau des calcaires lutéciens à *Pl. pseudoammonius* jusque dans les gypses du Mas Ste-Puelles¹. Il la signale dans les calcaires de Castres associée à *L. Michelinii* et *Pl. pseudoammonius* (e₁₋₁₁), dans les calcaires du Verdier (e¹⁻²) et à la ferme Ganès près la Bruguière où je l'ai retrouvée moi-même. Elle existe aussi dans les calcaires de Cug et de Vielmur, avec *L. longiscala* et *Pl. castrensis*.

Dans le bas-Languedoc je l'ai rencontrée dans les calcaires de Robiac près Saint-Mamert avec *Dact. robiacensis* et *Str. præglosum*, superposés au gisement classique à *Lophiodon*.

Il résulte de cette constatation que cette espèce caractérise surtout le Bartonien et n'atteint pas le Ludien inférieur².

1. Voir à ce sujet les notes diverses de Vasseur dans le *CR. des coll. de la Cart géologique de France* depuis la Campagne de 1895.

2. Suivant des renseignements oraux donnés par M. Repelin. Cette espèce se retrouverait dans des niveaux plus élevés que le Bartonien.

Cette position stratigraphique assez constante ainsi que les différences d'ornementation m'engagent à la distinguer à titre d'espèce, tout en conservant le nom de Noulet très ancien et souvent cité.

Je figure (Pl. VII, fig. 9) un autre échantillon communiqué par M. Chatelet qui est plus élancé et que l'on peut considérer comme une variation extrême du type : il existe d'ailleurs tous les termes du passage.

Au point de vue générique cette espèce a été rattachée au genre *Ischurostoma* par Bourguignat dont le type serait *I. formosum* Bourne, et ne peut être rapproché des *Megalomastoma* dont la spire est tronquée.

Le genre *Dissostoma* Coss. (type *D. mumia*) diffère par son ornementation spiralée ; il est d'ailleurs représenté dans le Lutécien supérieur des Corbières par une très petite espèce *D. submumia* DONCIEUX de la faune lacustre de l'Eocène moyen des Corbières septentrionales (pl. 1, fig. 13-14. *Bull. Soc. Sc. Aude*, t. XXIII, 1912).

Localités : Une quinzaine d'échantillons pourvus de leur test, provenant des bords du canal des Alpilles sur la vieille route allant de la halte de Grand Pont à la Pierre Plantée (coll. de Brun et Chatelet).

Dactylomorpha Gennevauxi n. sp.

Pl. VII, fig. 4, 5, 5 a, 5 b, 6.

(= *Amphidromus Serresi* ? ROMAN non MATH. Faune lac. Éoc. moyen, p. 28, pl. III, fig. 3, 4-5. = *Dactylius subcylindricus* ROMAN non MATH. Et. bass. lac. Éoc. et Olig. du Languedoc (p. 589, *B.S.G.F.*, t. III).

Faute de matériaux suffisants, j'ai donné autrefois différentes interprétations des formes du groupe du *Bulimus subcylindricus* de Matheron.

Une espèce du même groupe, mais plus grande, est assez abondante en Languedoc. De très beaux exemplaires recueillis par Gennevaux aux environs de Montpellier¹, pourvus de leur test et de leur bouche, permettent de l'étudier en détail. Cette même forme se retrouve, comme à Montpellier, dans les calcaires à *Pl. pseudo-ammonius* et *Limnea Michelini* à la Choisy près Aramon (Gard), calcaires représentant la partie supérieure du Lutécien aussi bien aux environs de Montpellier que dans le Gard. Ils sont donc un peu plus élevés stratigraphiquement que les calcaires du Montaiguët.

Enfin M. de Brun a retrouvé un fragment parfaitement reconnaissable de cette espèce sur la vieille route de la Pierre Plantée.

Il y a donc une mutation de la forme *subcylindricus* au sommet du Lutécien et à la base du Bartonien que je propose de désigner sous le nom de *Dact. Gennevauxi*.

On peut donc établir la diagnose de cette nouvelle espèce de la façon suivante :

1. DE ROUVILLE et DELAGE. *B. S. G. F.*, 3^e sér., t. 24, p. 723, avaient reconnu en 1896 les différences de cette espèce avec *D. subcylindricus*, mais ne l'ont pas nommée.

Coquille turriculée, à enroulement sénestre, cylindrique dans ses derniers tours, plus acumminée dans les premiers, non tronquée. Ouverture à péristome entier, un peu réfléchi, venant recouvrir une fente columellaire ombilicale peu apparente, labre arrondi, un peu réfléchi, se raccordant avec le bord columellaire par un angle aigu. Un pli columellaire très net, peu profond, est très visible dans l'ouverture.

L'ornementation consiste en stries transverses nombreuses et relativement assez fortes. Les sutures sont linéaires mais bien apparentes.

Position générique. — Cet ensemble de formes sénestres ont été rapportées par Sandberger au genre *Dactylius* (type *Bul. lævolongus*). Ce nom préemployé dès 1839 pour un genre de Vers doit tomber en synonymie et doit être remplacé par *Dactylomorpha* GÜDE (*Proced. Malac. Soc. Londres*, 1911, vol. IX, part. VI.)

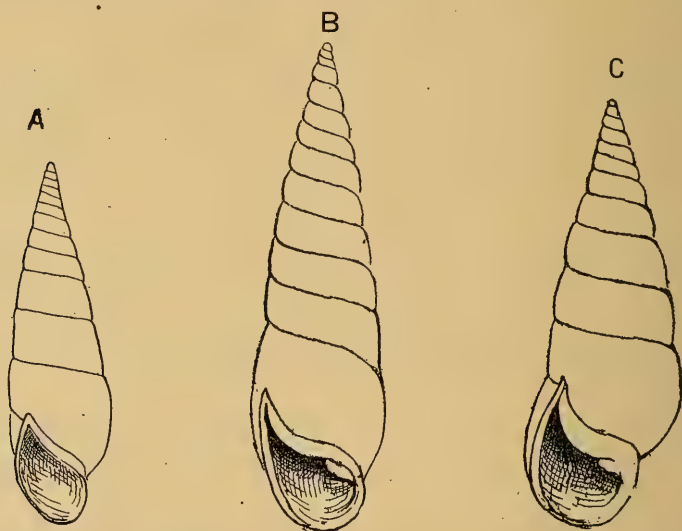


FIG. 4. — A. *Dactylomorpha subcylindrica* (MATH.) reconstitué d'après les échantillons de Matheron.

B. — *Gennevauri* n.sp., échantillon figuré Pl. VII, fig. 4.
C. — *robiacensis* ROMAN, type de Saint-Mamert (Gard).

Rapports et différences. — *D. Gennevauri*, mutation du Lutécien supérieur de *D. subcylindrica*, en diffère par une taille plus grande, moins régulièrement cylindrique, sa bouche plus rétrécie. Elle est remplacée dans le Bartonien par le *Dact. robiacensis* ROMAN (Éoc. et Olig. Languedoc. *B.S.G.F.*, (4), t. III, p. 598, pl. XX, fig. 11-13), grand plus renflé, la bouche un peu plus élargie¹.

Les croquis ci-joints font ressortir ces différences (Fig. 4).

1. Contrairement à ce que j'avais avancé en décrivant cette espèce (*B.S.G.F.*, III, 3, p. 598) la bouche montre un pli columellaire semblable à celui du *D. Gennevauri* et de *D. lævolongus* d'après des exemplaires de Robiac en meilleur état de préservation.

La présence d'un *Dactylomorpha* dans ce gisement des Alpilles, identique à ceux du Lutécien supérieur, tendrait à rattacher le niveau que nous étudions à la partie la plus inférieure du Bartonien.

4. — GISEMENT DE LA GARE DE PLAN D'ORGON.

Découvert par Pellat, ce petit affleurement était jusqu'ici attribué à l'Oligocène inférieur. Il me paraît devoir être placé encore dans le Bartonien. Les Mollusques qu'on y rencontre sont tous lacustres, ce qui forme un contraste assez frappant avec les couches sous-jacentes où le faciès est purement continental.

Planorbis Vasseur ROMAN

= *Pl. castrensis* VASSEUR non NOULET. Éoc. et Olig. Languedoc. *B.S.G.F.*, (4), t. 3, p. 596, pl. xx, fig. 5-5a.

Une série d'exemplaires recueillis autrefois par Pellat sont à l'état de moules internes. Par leurs proportions, leur face supérieure plane et les tours légèrement carénés en dessous, ils sont très voisins de la forme du Castrais.

Planorbis mamertensis ROMAN

Éoc. et Olig. Languedoc, p. 596, pl. xx, fig. 2-3.

Deux exemplaires à l'état de moules internes à tours très nombreux paraissent se rapporter à l'espèce de Saint-Mamert, mais cette détermination est douteuse étant donné l'état de conservation des fossiles.

Limnea longiscata BRONGT.

In EDWARDS et H. Eoc. Moll., part., II, pl. XIII, fig. 3a-4. — SANDBERGER Land u. Süssw. Conch., pl. xv, fig. 18, 18a.

Quelques exemplaires bien typiques.

Limnea longiscata var. *ostrogallica* FONT.

FONTANNES. Groupe d'Aix pl. v, fig. 46-51.

Quelques échantillons plus courts et plus renflés se rattachent à cette variété (moules internes).

Sphærium castrense NOULET

In SANDBERGER. Land u. Süssw. Conch. pl. XIII, fig. 1-1a.

Nombreux moules internes.

Conclusions stratigraphiques.

Le gisement d'Eygalières correspond nettement au calcaire du Montaiguët d'Aix. Peut-être faut-il placer immédiatement au-dessous la carrière de *Rillya gibba*.

Les calcaires marneux du canal des Alpilles à faune terrestre, renfermant *Dactyl. Gennevauxi*, *Strophostoma præglobosum*, *Ischurostoma minuta*, se rapportent au Bartonien. Les deux espèces citées se retrouvant à Saint-Mamert dans une position stratigraphique bien nette, il y a beaucoup de probabilité pour que les deux gisements soient du même âge; toutefois le *Dactylomorpha* se rattache à l'espèce du Lutécien supérieur du Languedoc et non au *D. robiacensis* qui est très commun à Saint-Mamert. Ce serait une raison pour rattacher cette faune à l'extrême base du Bartonien.

Enfin je pense que le gisement de la gare de Plan d'Orgon doit aussi se rattacher au Bartonien et non à l'Infra-Tongrien comme le pensait Pellat¹. Le *Pl. Vasseuri*, forme très constante dans le Bartonien du Sud-Ouest, me paraît une preuve décisive. C'est cette espèce qui est désignée dans le travail de Pellat sous le nom de *Pl. Rouvillei* FONT. La présence de *Limnea longiscata*, qui existe dans le Bartonien du Gard, mais qui monte jusque dans le Ludien et même le Sannoisien, n'est pas décisive et c'est surtout cette raison qui avait engagé Pella à rejoindre un peu ces assises.

1. B.S.G.F., (3), XXVIII, p. 1000.

EXPLICATION DE LA PLANCHE VII

Dactylomorpha subcylindrica MATHERON

1, 1a 2, 2a, Echantillons incomplets de la coll. Matheron.

Calcaire du Montaiguët près Aix-en-Provence. *Lutécien inférieur*. TOPO-TYPES (Coll. Matheron, Musée de Marseille).

3, 3a, Exemplaires de Cuques près Aix (le labre a été restauré en plâtre) *Lutécien supérieur* (Collection de la Faculté des Sciences de Marseille).

Dactylomorpha Gennevauxi n. sp.

4. TYPE du Mas de Barandô près Teyran (Hérault). *Lutécien supérieur* (Coll. Gennevaux, Univ. de Lyon).

5, 5a, 5b, de Valflaunès (Hérault); *Lutécien supérieur*.

(la partie supérieure de la spire a été déplacée par la fossilisation, ce qui donne un aspect trop cylindrique à cet échantillon) (Collection de Boissy, Ecole des Mines, Paris).

6, spire normale d'un échantillon de Valflaunès (Hérault) (Coll. Fontannes, Ecole des Mines, Paris).

Rillya Matheroni n. sp.

7, TYPE. Moulin de Marc près Eygalières (Bouches-du-Rhône). *Lutécien inférieur* (Coll. de Brun à Saint-Rémy).

Ischurostoma minuta NOULET

8, 8a, 8b, Echantillon du canal des Alpilles près de Plan d'Orgon (Bouches-du-Rhône), *Bartonien inférieur* (Coll. de Brun).

9, 9a, 9b. Variété allongée de la même localité (Coll. Chatelet, Avignon).

Helix alpillensis n. sp.

10, 10a, 10 b, Chemin de la Pierre Plantée près Plan d'Orgon (grossi deux fois), *Bartonien inférieur* (Coll. Chatelet).

LA CONSTITUTION DU MASSIF MONTAGNEUX DU TAKROUMET ET LES SOURCES DU FIGUIG (MAROC SUD-ORIENTAL)

PAR **P. Russo**¹.

L'oasis de Figuig est une palmeraie richement irriguée, située dans une région désertique de montagnes jurassiques à la bordure nord du Sahara, et dont l'importance a motivé déjà des publications touchant les eaux qui l'irriguent. Mais les données recueillies sont toutes très divergentes et résultent d'observations faites en quelques jours, parfois en une ou deux journées. Les divergences s'expliquent par ce caractère hâtif des observations.

On a tantôt écrit que les eaux de Figuig sont artésiennes, tantôt qu'elles sont thermales, qu'elles sont venues par faille ou par résurgence, qu'elles offrent une température de 31°5 ou de 47°. Il m'a paru nécessaire de soumettre ces eaux à une étude prolongée et depuis janvier 1922, soit depuis un an, je les ai, avec l'aide des savants conseils de M. J. Savornin, méthodiquement observées.

J'ai pu arriver aux conclusions fermes que voici.

Les eaux du Figuig sont :

1° Accumulées dans un bassin synclinal elliptique orienté d'W en E dans lequel elles forment une nappe qui, n'étant l'abaissement du bord-sud du synclinal, serait captive ;

2° Dotées d'une température ne dépassant pas 35°1 ;

3° Conduites au dehors par des sources du type *source vadeuse* de Suess, et non par des sources thermales vraies, hypogènes ;

4° Évacuées par sources ascendantes, dans des roches riches en diaclases mais sans failles.

Voici les faits sur quoi sont basées ces données.

1° *Position des eaux dans un bassin synclinal elliptique où elles sont sub-captives.* — A l'Ouest des ksour du Figuig², se montre une petite crête montagneuse et orientée d'Ouest en Est, se rattachant par son extrémité occidentale au massif du djebel Grouz et venant se perdre à l'Est dans la plaine dite de Bagdad. Son nom est Takroumet. Le Grouz, auquel elle se rattache, étant orienté WSW à ENE, il résulte de cette divergence la formation entre les deux crêtes d'une dépression occupant la bissectrice de l'angle qu'elles dessinent. A l'extrémité orientale de cette dépres-

1. Note présentée à la séance du 19 février 1923.

2. Les ksour sont des villages groupés qui forment le Figuig.

sion se dresse une nouvelle crête, orientée NW à SE, et dont les extrémités s'incurvent pour venir se relier d'une part au Grouz, d'autre part au Takroumet ; elle se nomme Zrigat Abd el Kader. La dépression est donc, là, fermée à l'Est, et, dans son ensemble, elle dessine un triangle. Cette dépression n'est pas une

dépression due à l'érosion, mais un synclinal. Les couches qui la constituent offrent les pendages suivants, tous convergents vers le centre.

a) Flanc nord : 88°, 80°, 75°, 60°, à la lisière et 50°, 45°, 30°, 25°, plus près du centre du synclinal. Pendage Sud.

b) Flanc sud : 25°, 20°, 15°, 12°, 8°, 2°, 0°. Pendage Nord.

c) Flanc est : 12°, 15°, 8°. Pendage Ouest.

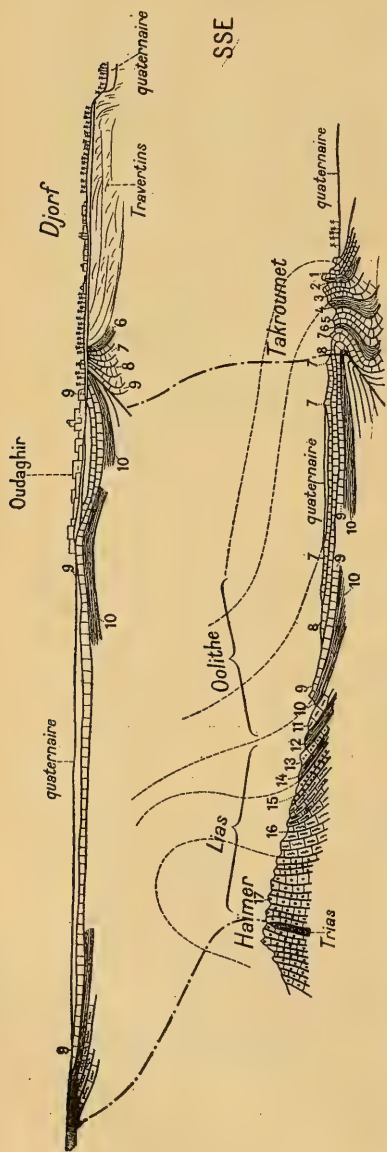


FIG. 1. — DEUX COUPES NS DU PLE DE TAKROUMET, l'une passant par le sommet de cette montagne, l'autre 3 km. plus à l'E (Les n°s des assises correspondent à ceux du texte). — Echelle 1/50 000 longueurs et hauteurs.

On voit que les pendages sont très forts sur le flanc septentrional, moyens sur le flanc oriental et très faibles sur le flanc méridional. Il en résulte que la cuvette est en quelque sorte inclinée vers le Sud-Ouest. La jonction du flanc sud avec le flanc nord au niveau du point où le Takroumet rejoint le Grouz ne se fait pas par disparition progressive des deux flancs et remplacement du synclinal par une zone non plissée ou par un anticlinal, mais bien par la diminution progressive des pendages du flanc sud passant à zéro pour ensuite changer de sens et se continuer sans délimitation avec ceux du flanc nord qui absorbe ainsi le flanc sud.

Si l'on examine ce flanc sud le long du Takroumet, on voit

que le synclinal est bordé tout le long de ce flanc par un anticlinal déversé vers le Sud, de telle sorte que le flanc inverse de ce pli offre un pendage de 80° à 85° vers le Nord, dans la région où il est situé à égale distance entre les extrémités E et W du synclinal. Le déversement s'atténue aux deux extrémités du pli et s'annule même tout au bout.

Les éléments constitutifs des assises qui forment et le synclinal et l'anticlinal qui le borde au Sud sont les suivants :

- | | | |
|------------------------|---|--|
| SÉRIE MÉSO-JURASSIQUE. | { | 1. Calcaires bleus compacts, 20 m. |
| | | 2. Calcaires marneux gris, 10 m. |
| | | 3. Calcaires gris-bleu, 20 m. |
| | | 4. Marnes gris-vert esquilleuses, 15 m. |
| | | 5. Calcaires gris à cassure conchoïde en bancs épais, 6 m. |
| | | 6. Marnes verdâtres, 1 m. |
| | | 7. Calcaires jaunâtres, 18 m. |
| | | 8. Assises marnocalcaires jaune-verdâtre, 30 m. |
| SÉRIE LIASIQUE. | { | 9. Calcaires bleu-noirâtre, compacts, 50 m. |
| | | 10. Marnes vertes et calcaires gris alternés, 50 m. |
| | | 11. Calcaires noirs, 10 m. |
| | | 12. Marnes vertes et blanches, 20 m. |
| | | 13. Calcaires gréseux gris en dalles, 10 m. |
| | | 14. Marnes vertes, 10 m. |
| | | 15. Calcaires gris en gros bancs et à silex, 30 m. |
| | | 16. Calcaires compacts gris, 150 m. |
| | | 17. Calcaires gréseux roses, 150 m. |

Vers le Nord, un autre anticlinal borde le synclinal que je viens de décrire, mais son étude serait hors de la question traitée ici. Il suffit d'en noter l'existence comme élément de bordure. Il constitue le djebel Grouz, dont l'extrémité orientale prend le nom de Haimer.

Les données paléontologiques permettant de dater les diverses assises que je viens d'énumérer sont les suivantes.

Dans les assises 1 à 3 inclus j'ai trouvé¹ *Terebratula ventricosa* HARTMANN.

Localisée à la base de l'assise I, se développe une couche à Nérinées fort constante mais dont la détermination n'est pas encore faite.

Les assises 4, 5, 6, ne m'ont pas donné de fossiles. Dans les assises 7 et 8 j'ai rencontré un assez grand nombre de moules internes d'Ammonoidés, mais absolument indéterminables ainsi que des Ostréidés à l'état de fragments.

On trouve dans ces assises de nombreux débris de coquilles

1. Espèce trouvée par Flamand dans le Bathonien du Khanguet Melah. Nombreux exemplaires à Figuig.

dont il est impossible de reconnaître l'origine en raison de leur état extrêmement fragmentaire.

Dans les assises de 9 à 14 inclus, j'ai rencontré¹ :

Polyplectus discoides ZITT., *Phylloceras heterophyllum* Sow., *Paëoniceras sternale* DE BUCH. (3 espèces du Toarcien de l'Aveyron. Zone à *H. bifrons*?). *Dumortieria* sp., cette *Dumortieria* non spécifiquement déterminable pourrait représenter un horizon plus élevé que les autres espèces (F. Roman).

L'assise 9 semble contenir seule cette dernière forme. Elle contient aussi, mais un peu en dehors du synclinal, *Pleydellia aalensis* (Aalénien).

Les assises 15, 16 et 17 ne m'ont pas donné de fossiles, mais leur position stratigraphique est bien définie par les autres éléments, comme d'âge liasique inférieur.

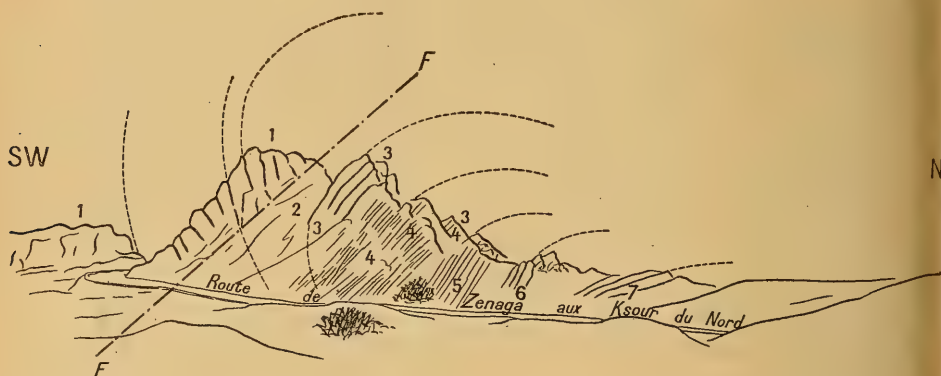


FIG. 2. — CROQUIS SCHÉMATISÉ DU TAKROUMET montrant la forme du pli et l'emplacement de la faille qui avait été jadis supposée (Les n^{os} des assises correspondent à ceux du texte).

La nappe aquifère est située sous l'assise 10 et dans les couches sous-jacentes. Elle est atteinte en un très grand nombre de points par des forages subhorizontaux établis par les indigènes normalement au pli couché du Takroumet et constituant ce qu'on nomme ici foggara, une sorte de puits horizontal. En outre, elle s'échappe par des sources réalisant spontanément la même disposition que les foggagir (pluriel de foggara). Elle a été à une époque indéterminée (mais assez proche pour subsister dans les traditions) plus élevée que maintenant, car les foggagir ont été forcées pour parer à l'abaissement du plan d'eau.

La couche qui forme le mur de la nappe aquifère n'est visible

1. Je dois à l'amabilité de M. Roman de Lyon la détermination des Céphalopodes indiqués ici. Les Brachiopodes ont été déterminés d'après Flamand.

en aucun point du Figuig, mais il est permis de considérer que selon toute vraisemblance elle est représentée par les argiles rouges triasiques que montre le noyau du Grouz, sous-jacentes aux calcaires gréseux roses du Lias inférieur (couche 17 ci-dessus). Comme il n'existe pas d'autre assise imperméable au-dessous du plan d'eau supérieur, il paraît logique de penser que le mur se trouve à ce niveau. L'épaisseur totale de la nappe aquifère serait alors de 430 m. environ.

Dans la cuvette ainsi définie, l'eau n'est pas actuellement en charge, et si en quelques points on voit des griffons bouillonnants, ce phénomène est dû à ce que des excavations ont été pratiquées jusqu'à 7 m. de profondeur, créant ainsi un niveau d'apparition artificiellement bas, pour les eaux. D'autres données montreront qu'il semble que cette absence de mise en charge soit récente (anciennes cascades du Djorf).

2° *Température des eaux ne dépassant pas 35°1.* — La mesure des températures de toutes les sources de Figuig m'a donné les résultats suivants :

NOMS DES SOURCES.	NOMS DES SOURCES.	TEMPÉRATURE.
EL ABIDAT.....	El Hammam.....	22°
	Chi bla chi.....	27°
	Oulad Diaman.....	21°2
	Oulad Dahman.....	20°1
	Oulad Bou Beker.....	22°2
	Beni Mimoun.....	24°
	El Khil.....	21°2
	El Qaid.....	26°2
	Thar.....	29°2
	Beni Zekkoun.....	30°2
	Tzaddert.....	30°2
OULAD SLIMAN....	Meghenni Ouderna.....	29°
	Tanout.....	30°
	Meghenni.....	30°
OUDAGHIR.....	Babouah.....	28°
	Hammam Khatina.....	29°
	Ifeli.....	28°
	Tirzert.....	29°
	Bou Meslout.....	31°
	Ifli mta Mharez.....	30°
EL MAIZ.....	Tijjint.....	30°
	Tanout.....	froide
	Beni Djornit.....	28°

	Beni Krimen	20°
	Seguia jdida	30°
	Gouargia	29°
HAMMAM TAHITANI.	Tadjemat	35°1
	Seguia jdida	33°3
	Seguia sefra	34°5
HAMMAM FOUKANI.	Tadjemat	34°
	Tafraout	34°
	Sidi Moussa	froide

Nota : Les noms semblables répétés ne sont pas des erreurs mais bien la même appellation donnée à deux points distincts.

La température maxima constatée indique, si on admet un degré géothermique moyen de 30 m., que les eaux remontent d'environ 400 m. de profondeur, mais la température minima, 20°1, très voisine de la moyenne annuelle du pays, indiquerait au contraire une remontée minime ou plutôt le maintien dans la zone à température constante. La raison de cette apparente incompatibilité se trouve dans les conditions de disposition du fond du synclinal.

Les synclinaux de toute la région voisine du Figuig sont des synclinaux à fond plat, et les couches redressées, presque verticales, des anticlinaux, deviennent presque dès le pied de ceux-ci, subhorizontales sans changer d'épaisseur. Il en est de même du synclinal des sources, comme le montrent les croquis ci-après. Or les assises 15, 16, 17, subverticales, offrent une épaisseur visible de 330 m. aussi, lors de leur passage à la position subhorizontale, les eaux situées dans les strates les plus inférieures seront à 330 m. plus profond que celles situées dans les strates de l'assise 14 et celles-ci 100 m. plus profond que celles situées juste sous le toit de la nappe aquifère puisqu'il y a 100 m. de 10 à 14. Comme malgré les diaclases, il existe néanmoins une grande indépendance entre les filets d'eau des diverses assises, les filets de l'assise 10 qui, on le voit sur les croquis, affleure vers le Takroumet, seront dotés d'une température de 4° environ plus basse que ceux de l'assise 14, et de 14° environ plus basse que ceux de l'assise 17. Si des diaclases ou des coupures artificielles vont chercher l'eau de 17, la source obtenue sera plus chaude que celle provenant d'une coupure sur 14.

Comme des prises sur les divers niveaux sont réalisées de fait, on peut suivre facilement ces rapports sur le terrain (voir les croquis). Les sources les plus chaudes sont celles situées le plus au Sud et le plus à l'Est, c'est-à-dire coupant les strates le

plus près de l'axe du pli et atteignant des couches de plus en plus profondes.

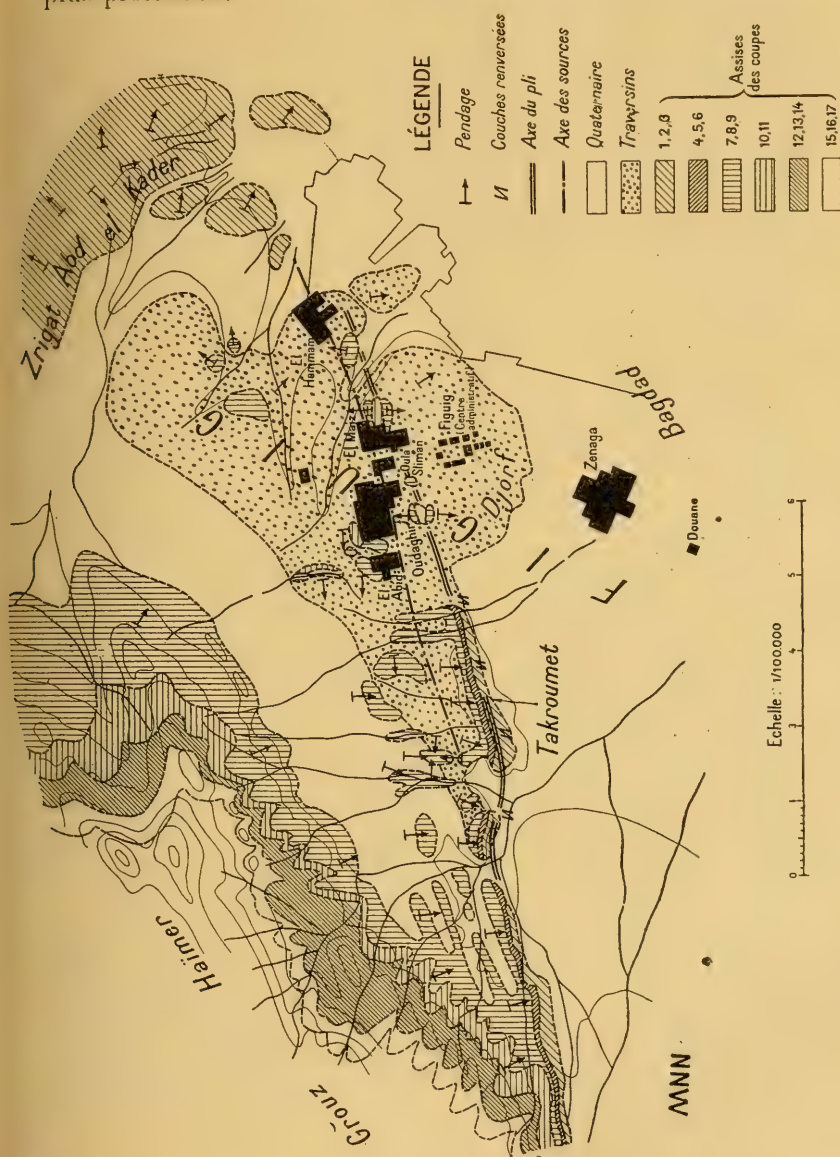


FIG. 3. — CARTE GÉOLOGIQUE SCHÉMATIQUE DE L'OASIS DE FIGUIQ. — Echelle 1/50 000.

3° Sources vadeuses et non hypogènes. — D'après ce qui vient d'être dit, le caractère de source vadeuse est probable, mais il nous faut éliminer l'hypothèse de source hypogène. Le principal

caractère, l'intermittence ou du moins la pulsativité manque ici. Le débit des sources est remarquablement constant et ne subit en un an aucune variation appréciable. Il n'existe pas de dégagement gazeux, l'analyse chimique sommaire ne montre aucun élément autre que ceux existant dans les roches où circulent ces eaux et en quantités concordantes avec ce que peuvent donner ces roches. Quant aux phénomènes de minéralisation gazeuse, il n'y en a pas trace. Enfin aucun phénomène volcanique ancien ou récent, aucun effondrement ni faille ne se montre dans la région.

Voici l'analyse de la plus importante de ces sources : celle de Babouah (analyse très sommaire et qui demande vérification de détail mais indique déjà l'absence des caractères d'eau minérale).

Matière organique.....	traces	Chaux.....	0 gr. 1197
Hydrogène sulfuré.....	néant	CO ³ Ca.....	0 gr. 1643
Fer.....	traces	Chlore.....	0 gr. 0325
Sels calciques divers..	0 gr. 2736	CO ³ H ²	10 cc.
Nitrates.....	néant	SO ⁴ Mg.....	0 gr. 0125
Nitrites.....	néant		1000

4° *Sources ascendantes, absence de faille.* — Comme on le voit sur les croquis ci-joints, la forme même du Takroumet met en affrontement apparent des couches à pendage SN et des couches subverticales à pendage NS. Cette apparence cesse à peu de distance de la portion haute du Takroumet, mais il est impossible de s'en rendre compte sans un examen minutieux.

C'est cette apparence, insuffisamment étudiée, qui a fait croire à la faille du Takroumet ¹, c'est cette faille supposée qui a fait écrire les mots sources thermales, et c'est sans doute des mesures incertaines qui ont fait attribuer la température de 47° à certaine source ². Cependant une température avait été donnée, se rapportant bien à la valeur réelle, c'est 31°5 pour une source d'Oudaghir ³ qui est insuffisamment reconnaissable dans le texte de l'auteur, mais qui peut être Bou Meslout.

Quoi qu'il en soit, les données actuellement recueillies permettent de considérer que les eaux emprisonnées entre les strates marno-argileuses tendent à revenir au jour vers le bord sud du synclinal qui, limité par un pli couché et fracturé, laisse alors les eaux sortir grâce à ces fractures, donnant naissance à des sources ascendantes.

1. FICHEUR. Rapport sur les conditions d'alimentation en eau du centre de Beni Ounif ; Gouv. général de l'Algérie, 1904.

2. CH. RIVIÈRE. L'oasis de Figuig. *Bull. Soc. d'Acclim. de France*, mai, juin, juillet 1907.

3. E.-F. GAUTIER. La source de Thaddert à Figuig. *Ann. de géogr.*, 15 nov. 1917.

Ces sources s'écoulant sur le flanc inverse de l'anticlinal se trouvent du fait de son pendage obligées de tomber en cascade et comme elles sont, on l'a vu, riches en chaux, elles ont déposé des travertins et des tufs à végétaux dans lesquels on trouve : *Melanopsis magnifica* BGT., *Rumina decollata* LINN., *Melanoïdes tuberculata* MULLER, *Albea marocana* DEBEAUX¹.

Toutes espèces récentes se montrant dans une série de petits bancs qui surmontent 20 m. de travertin dur sans fossiles et comparable à ceux attribués par Flamand au Pliocène en Oranie.

Ces cascades montrent que les eaux étaient au moment de leur dépôt, sinon en charge, du moins capables de se déverser par-dessus le bord de l'anticlinal de Takroumet. La falaise de travertin qu'elles ont formé se nomme le Djorf.

En résumé les sources du Figuig, si importantes pour la vie d'une population de 16 000 personnes formant la seule ville dans un rayon de plus de 200 km. sont des sources vadeuses ascendantes, dues à la sortie au jour par diaclases d'eaux accumulées entre des couches imperméables dans un synclinal bordé d'un pli couché sur quoi sont apparues les sources dès le Pliocène semble-t-il (zones inférieures du Djorf, 20 m. sans fossiles).

1. Déterminations dues à l'amabilité de M. P. Pallary d'Oran.

FAUNE BAJOCIENNE DU DJEBEL MAHSSEUR PRÈS D'OUJDJA (MAROC ORIENTAL)¹

PAR **Paul Jodot.**

J'ai reçu de M. Pierre Termier quelques fossiles provenant d'un plateau calcaire situé immédiatement au Sud du djebel Mahsreur, à quelque 20 ou 25 km. au Sud d'Oudjda, non loin de la piste qui va d'Oudjda à Sidi-Aïssa. L'altitude du plateau est d'environ 1 100 m. Le djebel Mahsreur, qui est une table calcaire légèrement inclinée vers le Nord et qui est l'un des sommets les plus escarpés et les mieux reconnaissables de la région, atteint la cote 1 354.

La découverte du gisement fossilifère est due à des travaux de mines entrepris par la Compagnie Royale Asturienne. Les calcaires et dolomies du Jurassique sont, çà et là, imprégnés de galène et de cérusite. C'est des mêmes recherches que proviennent les admirables cristaux de vanadinite et de cérusite récemment décrits par M. Barthoux².

Les fossiles ont tous été trouvés dans un banc de calcaire jaune qui surmonte de quelques mètres le banc, calcaire et dolomitique, où se tient le minerai. Les strates plongent au Nord, d'environ 15 °/°. On dirait qu'elles vont passer sous la table calcaire du Mahsreur. En réalité, il y a une faille au pied de l'escarpement sud de cette montagne, escarpement formé par les calcaires du Lias. Le même Lias, très rocheux, apparaît en dessous du gîte fossilifère et forme un autre escarpement analogue à celui du Mahsreur. En somme, le pays est tabulaire et présente du Jurassique (Lias et Oolithe), faiblement incliné, coupé de failles qui déterminent des gradins successifs, et reposant, soit sur des schistes primaires plissés, soit sur des roches volcaniques primaires très décomposées. Ainsi qu'on va le voir, le banc fossilifère appartient à l'Oolithe inférieur.

Ce banc, dans le puits n° 3, se trouve à 6 m. de profondeur et possède un mètre de puissance. Les fossiles sont très nombreux et d'une bonne conservation ; le test est en limonite ou en calcite.

1. Note présentée à la séance du 19 mars 1923.

2. J. BARTHOUX. Minéraux de la région d'Oudjda (Maroc). *CR. Ac. Sc.*, t. 175, août 1922.

Presque toutes les espèces dont il va être question, ont été extraites de deux blocs envoyés à M. P. Termier, qui a bien voulu me charger d'étudier ces matériaux. Je tiens à lui renouveler tous mes remerciements.

Vu l'abondance et l'excellent état de conservation des échantillons, il reste à souhaiter qu'un géologue fouille systématiquement ce gisement, qui livrera certainement une très belle faune.

Cette faune comprend les espèces suivantes ¹ :

Rhynchonella plicatella Sow.

DAVIDSON, Mon. of British Oolitic and Lias. Suppl., pl. xvi, fig. 7 et 8.

Deux échantillons jeunes, sont conformes aux figurés de Davidson, mais de forme générale plus allongée. La grande valve est excavée en arrière.

Hauteur	18 ^{mm} 5	15 ^{mm}	Épaisseur	12 ^{mm} 7	9 ^{mm} 4
Largeur	13	9		12	5

Rhyn. plicatella Sow. appartient à l'Oolithe inférieure de France (Bayeux) et d'Angleterre (Bridport). Flamand ² l'a trouvée dans le Bathonien inférieur des montagnes des Ksour de l'Oranie, et à Khang-el-Melah; il fait remarquer que les assises tout à fait inférieures sont vraisemblablement bajociennes.

Terebratula sp.

Une coquille jeune, allongée, peu épaisse et à peine biplissée, dont les caractères ne sont pas suffisamment nets pour être déterminés avec certitude.

Terebratula maxillata Sow.

Les cinq échantillons, que j'ai entre les mains, sont plus ou moins jeunes et de formes variables; ils appartiennent tous vraisemblablement à la même espèce. Une des coquilles, jeune et très allongée, présente des plis peu marqués et un crochet peu proéminent; une autre est de forme générale ovulaire et presque sans crochet, tandis qu'une troisième possède un côté frontal rectangulaire aminci à la périphérie. Enfin, les deux derniers spécimens, trop jeunes, ne fournissent pas de caractères spécifiques nets.

Tous ces échantillons présentent un crochet peu développé et moins

1. Je n'ai pas rencontré de *Posidonomya*, dont M. Louis Gentil signale l'abondance dans les couches du Bajocien supérieur des Beni-Snassen. Comme il indique la présence de cette espèce dans la partie la plus élevée du gisement de Beni-Amir (L. GENTIL, Esquisse géol. du massif des Beni-Snassen. *B.S.G.F.*, (4), VIII, 1908, p. 402) et qu'il évalue à 60 m. la puissance visible de cette assise, il n'est donc pas étonnant que je n'aie pas trouvé de *Posidonomya* dans l'envoi que j'ai étudié. Ce fossile pourrait très bien exister dans la région du djebel Mahsseur; en tout cas, il serait intéressant de le rechercher.

2. G.-B.-M. FLAMAND, Rech. géol. et géogr. sur le Haut Pays de l'Oranais et sur le Sahara (Algérie et territoires du Sud). Lyon, 1911, in-4°, 1-1 001, 16 pl. fossiles, 1 carte (thèse).

préminent que les figures de *Ter. globata* Sow. Pour cette raison, l'assimilation à cette espèce restait douteuse¹.

M. H. Douvillé, qui a eu l'obligeance d'examiner ces fossiles, les considère, soit comme des spécimens jeunes, soit comme représentant une variété *minor* de *Ter. maxillata* Sow.

Davidson (Mon. British fossil Brachio., pl. ix, fig. 2) donne la représentation d'une forme jeune de *Ter. maxillata* Sow. tout à fait comparable à certaines de nos coquilles. Les autres figurations correspondent à des coquilles adultes qui sont subquadrangulaires, élargies transversalement et avec des plis plus accentués.

Cette tendance à s'élargir transversalement s'observe sur deux échantillons marocains.

Une espèce voisine, *Ter. Quillyensis* BAYLE (*loc. cit.*, pl. vii, fig. 9) du Fullers Earth (Calcaire de Caen) de Quilly (Calvados), est de forme plus triangulaire.

Ter. maxillata Sow. est une espèce bajocienne, qui ne paraît pas avoir été signalée encore dans l'Afrique du Nord.

Terebratula subventricosa D'ORB.

Les cinq échantillons peuvent se comparer aux figures de Deslongchamps (Brach. jurass., Pal. franç., pl. 74, fig. 1 et 2), dont la figure 1 représente un jeune exemplaire de Tour-du-Pré (Ardenne), et la figure 2 une coquille de Pont-du-Marteau (Deux-Sèvres). Cette dernière est plus allongée que les fossiles du djebel Mahsœur, qui paraissent intermédiaires entre les figures 1 et 2. Le galbe général de la coquille est le même, le lobe médian est simple et à peine biplissé. Le test possède les fines stries longitudinales rayonnantes, qui sont un des caractères de cette espèce. L'un des échantillons possède deux plis plus accusés que sur tous les autres spécimens, mais comme le galbe général de la coquille est bien le même, il n'y a pas lieu de le séparer. On pourrait confondre cette espèce avec *Ter. perovalis* Sow., dont elle possède le contour extérieur, mais chez cette dernière, la convexité de chacune des deux valves est beaucoup plus accusée, et le foramen moins élargi.

Je crois utile de donner les dimensions des formes extrêmes :

Hauteur	31 mm	38 mm	Épaisseur	16 mm 5	19 mm 6
Largeur	25 5	31 7			

En résumé, les spécimens marocains représentent des Térébratules jeunes dont l'ensemble des caractères correspond à *Ter. ventricosa* HARTMANN in ZIETEN, qui est devenu *Ter. subventricosa* D'ORB.

Deslongchamps considère *Ter. subventricosa* D'ORB. comme caractéristique des couches supérieures de l'Oolithe ferrugineux (Bajocien)

1. Voir les figures de Deslongchamps, Paléont. française, pl. 98 à 100.

D'autre part, il ne faut pas oublier de mentionner que, pour Sowerby, les deux plis médians peuvent être à peine marqués, tandis que suivant l'opinion de Deslongchamps, ces deux plis doivent être prononcés.

et des couches inférieures du Fuller's Earth (Bathonien) pour la Bourgogne, la Lorraine, la Franche-Comté, etc.

Flamand en a recueilli deux échantillons dans le Bathonien des couches calcaro-marneuses noires et fétides de l'Oued-el-Mehah (Khanguet-el Melah), et le spécimen qu'il figure (*loc. cit.*, pl. XI, fig. 24, p. 913) est un exemplaire adulte plus grand que mes fossiles.

Par contre MM. Gentil et Lemoine ¹ la signalent dans le Callovien du Djebel Hahid ; enfin M. Russo l'indique dans l'Amalat d'Oudjda ².

Lima (Plagiostoma) cf. semicircularis GOLDF.

Longueur	23 mm	Épaisseur d'une valve	5 mm 4
Largeur	24 4		

Un échantillon unique, sur lequel les oreillettes ne sont pas visibles, et qui possède 35 côtes très fines, dont 28 légèrement plus prononcées.

La figure donnée par de Loriol [Et. paléont. et stratigr. des couches à *Mytilus* des Alpes vaudoises, 1883, pl. 69, p. x, fig. 3 (non fig. 1, 2, 4)] et rapportée par cet auteur à *Lima semicircularis* GOLDF., est certainement celle qui se rapproche le plus des fossiles d'Oudjda, par sa forme générale et le nombre des côtes ; toutefois le bord cardinal du *Plagiostoma* marocain présente un angle droit plus accusé.

Les côtes sont beaucoup plus nombreuses dans la même espèce figurée par Greppin (Descr. foss. env. de Bâle, 1888, p. 125, pl. IX, fig. 12).

Comparé aux espèces voisines, on remarque que cette *Lima* n'est pas très éloignée de *L. Schimper* BRANCO (Greppin, *loc. cit.*, pl. 16, fig. 5) qui est légèrement plus allongée. Elle paraît très proche de *L. strigillata* LAUBE du Jura brun (Die Bivalven des braunen Jura von Balin. *Deutschr. d. Wiener Akad.*, 1867, Bd. XXVII, pl. I, fig. 9), mais le côté antérieur est différent. *L. bellula* MOR. et LYC. (Mon. of the Mollusca of the Great Oolite. *Palæont. Soc.*, 1850-54, II, p. 30, pl. 3, fig. 9) est beaucoup plus finement strié, la troncature buccale plus rectiligne, la valve plus triangulaire. Comparé à *L. ovalis* SOW. figuré par M. Cossmann (CR. A. F. A. S., congrès de Reims, 1907, pl. II, fig. 11), elle en diffère par l'angle des crochets plus ouvert, le côté antérieur droit non incurvé, le bord ventral moins circulaire et les stries moins nombreuses et plus profondes.

Lima (Plagiostoma) semicircularis GOLDF. a été cité par d'Orbigny (Prod. 10^e étage, n° 396) dans le Bajocien de Bayeux.

Flamand l'a rencontré dans le Bathonien de Si-Sliman-Ben-Moussa (Sud-Oranais).

Lima (Plagiostoma) sp.

Quatre moules internes d'un *Plagiostoma*, qu'il est impossible de

1. L. GENTIL et P. LEMOINE. Sur le Jurassique du Maroc occid. CR. A. F. A. S. Cherbourg, 1905, p. 338, pl. V, fig. 6.

2. P. RUSSO. Rapport des terrains paléozoïques et secondaires dans l'Amalat d'Oudjda (Maroc occid.). CR. somm. S. G. F., 1922, p. 115.

déterminer spécifiquement, puisqu'on ne possède pas l'ornementation extérieure.

L'un d'eux, de taille moyenne, mesure :

Hauteur 37^{mm} 6. Largeur, 36^{mm} 3.

Pecten (Amussium) personatus GOLDF.

MORRIS et LYCETT. Moll. from the Great Oolite, Bivalves, II, 1853, p. 11, pl. I, fig. 17-17a; pl. XL, fig. 11-11a.

La figure 11^a est celle qui correspond le mieux à nos échantillons. Les valves assez allongées sont finement striées concentriquement, obtusement anguleuses, ornées d'oreilles lisses et peu développées s'inscrivant longuement sur les bords de la coquille. La ligne cardinale est faiblement anguleuse par suite du développement des oreilles vers le haut.

Flamand a trouvé dans le Bathonien d'El Harchaïa (Sud-Oranais) (*loc. cit.*, thèse, p. 891, pl. VI, fig. 8), *Amussium Doulsi* FLAM., qui est plus large et plus lisse.

Pecten (Amussium) personatus GOLDF. a été signalé dans l'Oolithe inférieure de Besançon et de Grafenburg par Goldfus, ainsi que dans l'Inferior Oolite et la Great Oolite de Minchinhampton (Morris et Lycett).

Thracia cf. Greppini COSSM.

Je rapporte avec doute à *T. cf. Greppini* COSSM. un échantillon bivalve, qui diffère de cette espèce par les caractères suivants : coquille inéquilatérale ; bord antérieur décline et rectiligne ; crochets faiblement opistogyres non médians, désaxés vers le bord postérieur ; crochet de la valve droite plus gonflé que celui de la valve gauche ; bord postérieur moins décline à hauteur des crochets. Voici ses dimensions :

Longueur transversale	43 ^{mm}	Epaisseur de la valve droite	12 ^{mm} 2
Hauteur	30 5	» des 2 valves	19 5

Cette *Thracia* peut être comparée à quelques espèces voisines : *T. viceliacensis* D'ORB. (Types du Prod. Ann. paléont., VI-2, p. 134), d'après les caractères du type fournis par Thevenin, possède : une taille plus réduite (long. transv. : 30 mm. ; haut. : 24 mm.) ; des crochets petits, médians, à peine prosogyres, et de ces derniers, part sur chaque valve une dépression faiblement marquée qui se dirige vers le bord palléal.

Cette dépression paraît caractéristique de cette espèce ; malheureusement le mauvais état de conservation de l'espèce marocaine empêche de se rendre compte si cette dépression existe.

M. COSSMANN (Pélécypodes jurassiques. CR. A. F. A. S., congrès de Cherbourg, 1905, pl. II, fig. 17, 18, 19 (non fig. 14, 15, 16) a

1. A. DE GROSSOUVRE et M. COSSMANN. Bajocien-Bathonien dans la Nièvre. B. S. G. F. (4). XVIII, 1918, parue en 1919, p. 450.

représenté une espèce du Bathonien moyen de Vézelay, sous le même nom *T. viceliacensis* D'ORB., qui possède une certaine analogie avec l'échantillon africain. La forme du crochet et celle du bord postérieur sont tout à fait comparables, mais le « côté antérieur déclive et rectiligne » ajouté dans le texte, n'apparaît pas nettement sur les figures. En tous cas, notre *Thracia* offre un bord antérieur plus rectiligne et plus allongé que dans cette espèce.

Thracia ? triangularis D'ORB., d'après la figure de M. Cossmann (Note sur le Callovien de la Haute-Marne et spécialement sur un gisement situé dans la commune de Bricon (*B. S. Agr. Let. Sc. et Arts Haute-Saône*, Vesoul 1906, paru 1907, p. 136, pl. II, fig. 3) a les crochets moins développés, le bord antérieur moins rectiligne et l'extrémité buccale plus arrondie.

D'autres *Thracia* possèdent des formes différentes : *T. curtansata* MORR. et LYC. (*Moll. Great. Oolite*, 1854, II, p. 110, pl. XIII, fig. 1) est plus triangulaire ; *T. oolithica* TERQ. et JOURDY (*M. S. G. F.*, (2), IX, 1871) est plus excavé du côté antérieur ; *T. Lovisatoi* FUCINI (Foss. titonici della Sardegna, p. 158, pl. VI, fig. 8) est de forme un peu plus transverse.

En résumé, la coquille du djebel Mahsseur possède certains caractères de *T. Greppini* COSSM. mais offre quelques affinités avec *T. viceliacensis* COSSM. (non D'ORB.). Il faudra attendre de nouveaux matériaux pour se prononcer définitivement.

Thracia Greppini COSSM. n'a jamais été trouvé dans l'Afrique du Nord.

Il est utile de noter que Flamand (Thèse, p. 503) a signalé *T. viceliacensis* D'ORB. dans le Bathonien de Si-Sliman-ben-Moussa et de Djenien-Bou-Resk dans les « couches à Limes » des mamelons à l'ouest du col d'El Douis.

Pseudomelania sp.

Un moule interne.

Pleurotomaria sp.

Le moule interne engagé dans le calcaire laisse voir une petite partie du test orné de nombreux filets spiraux.

Hauteur 44 mm ; Largeur 48 mm

Nautilus sp.

Un fragment de *Nautilus* comprimé et engagé dans la roche, présente les caractères suivants : il est marqué par quelques rides d'accroissements à peine visibles, l'ombilic est peu large et les cloisons simples et flexueuses sont très légèrement renflées près de l'ombilic.

Ce fossile est en trop mauvais état pour être assimilé à une espèce connue. Il ne paraît pas pouvoir être identifié au *Nautilus* cf. *Baberi* MOR. et LYC. signalé dans le Bathonien d'El Harchaïa par Flamand (Thèse, p. 491).

Phylloceras cf. Kudernatschi VON HAUER

Un fragment de test se caractérise de la manière suivante : les tours de spire un peu renflés possèdent un accroissement rapide et recouvrent entièrement les tours antérieurs ; l'ombilic est étroit, en forme d'entonnoir et à bords arrondis ; les flancs offrent une ornementation de stries d'accroissements fines et droites, moins apparentes sur le côté ombilical, à peine infléchies en avant sur le bord siphonal ; de temps en temps des côtes légèrement plus accentuées donnent l'aspect caractéristique de cette espèce ; pas de sillons visibles ; les cloisons n'apparaissent pas.

Cet échantillon se rapproche des figures données par Popovici-Hatzeg (Les Céphalopodes du Jurassique moyen du Mont-Strunga (*Mém. Soc. Géol. Fr., Paléont.*, 1905, Mém. 35, pl. 1, fig. 1-4) et par Neumayr (Jurastudien. *Jahrb. d. k. k. Geol. Reichs.*, XXI, 1871, pl. XII, fig. 5), toutefois ce fragment, trop incomplet, laisse un léger doute sur sa détermination.

Phylloceras sp.

Ce petit échantillon brisé possède un petit ombilic, des tours aplatis ornés de côtes fines et flexueuses, à peine visibles vers le bord ombilical. Ce *Phylloceras* qui ne présente pas de sillons, appartient au phylum de *Ph. heterophyllum* Sow.

Lytoceras adeloides KUDERNATSCH

Je possède, un fragment de *Lytoceras*, de conservation défectueuse présentant une spire à section circulaire caractéristique, ainsi que le moulage des premiers tours du même exemplaire.

Les côtes principales sont peu saillantes et entre deux de ces dernières s'intercalent de fines costules un peu moins prononcées. Les côtes et les costules passent sans interruption dans la région siphonale.

La figure de Popovici-Hatzeg (*loc cit.*, pl. III, fig. 8-9) est celle qui correspond le mieux à cet échantillon.

Kudernatsch ¹ et Popovici-Hatzeg mentionnent cette espèce dans le Bathonien supérieur ; M. Douvillé ² la cite dans le Bajocien de Moghara ; dans l'Afrique du Nord, Flamand ³ l'a rencontrée dans le Bathonien moyen d'El Harchaïa, enfin M. Gentil ⁴ l'a récoltée dans la vallée de Beni-Amir dans les Beni-Snassen (zone à *Cosmoceras garantianum* D'ORB.

Cadomites linguiferus D'ORB.

Cette espèce est représentée par un morceau de tour de spire de

1. J. KUDERNATSCH, die Ammoniten von Swinitza. *Abhandl. d. k. k. géol., Reichsanst.*, 1852, I-2, pl. 2, fig. 14-16.

2. H. DOUVILLÉ. Les terrains secondaires dans le massif du Moghara, à l'Est de l'isthme de Suez, d'après les explorations de M. Couyat-Barthoux. *Mém. Ac. Sc.* LIX, 1916, 180 pp., 21 pl.

3. FLAMAND, *loc. cit.*, pl. VIII, fig. 9 (figure très mauvaise).

4. L. GENTIL. Esquisse géol. du massif des Beni-Snassen. *B.S.G.F.*, (4), VIII, 1908, p. 403.

forme renflée, ne laissant pas voir les côtes ombilicales ; toutefois, on peut se rendre compte distinctement que des tubercules partent en général quatre côtes externes, rarement cinq.

Cadom. linguiferus D'ORB. se rencontre dans le Bajocien de Bayeux, dans les Calcaires dépourvus d'Oolithes ferrugineux de la partie supérieure de la zone à *Cosmoceras garantianum*.

Flamand signale sa présence dans les couches à *Oranicerias hamya-nense* et *Lytoceras tripartitum* du Bathonien moyen des steppes sud-oranaises à El Harchaïa.

Morphoceras dimorphum D'ORB.

D'ORBIGNY. Paléont. franç. Terr. jurassiques, 1842-47, pl. 141, p. 410.

Cette espèce, dont les caractères sont très nets, est représentée par deux échantillons en bon état de conservation. L'un, comparable aux figures 7 et 8 de d'Orbigny, montre les flancs ornés de constrictions très marquées et de côtes peu proéminentes, qui sont très atténuées vers le bord siphonal ; l'autre est orné de côtes plus accentuées et plus fortes qui débutent près de l'ombilic par un renflement, mais non par le tubercule caractéristique du *M. pingue* DE GROSSOUVRE¹. Les constrictions apparaissent moins nettement, la coquille est plus épaisse et l'ensemble des caractères est plus accentué sur ce deuxième échantillon que sur le premier.

Toutefois cet ensemble d'observations ne paraît pas suffisant pour créer une espèce nouvelle. Tout au plus pourrait-on en faire une race locale ? J'ai beaucoup plus l'impression que les détails de l'ornementation sont hypertrophiés sur le deuxième exemplaire et que le jour où l'on réunira une série nombreuse de ce fossile provenant du même gisement, on trouvera tous les passages entre ces deux termes.

Morphoceras dimorphum D'ORB. est caractéristique de la zone à *Cosmoceras garantianum* de l'Oolithe ferrugineux (partie supérieure) de Bayeux².

On n'a pas encore signalé sa présence dans l'Afrique du Nord.

Bigotites Lanquinei NICOLESCO

NICOLESCO. Sur un nouveau genre de Périssphinctidés (*Bigotella*) de l'Oolithe ferrugineux de Bayeux (Calvados). *B.S.G.F.*, (4), XVI, 1916, p. 173, pl. iv, fig. 7.

Le nom de *Bigotella* a été remplacé ultérieurement par celui de *Bigotites* pour cause de préemploi. (*CR. som. S.G.F.*, 1918, p. 36).

Je rapporte au genre *Bigotites*, un exemplaire malheureusement incomplet qui en possède les caractères génériques, et qui correspond aux indications spécifiques de *Big. Lanquinei* Nic.

C'est une coquille épaisse, formée de 7 tours, qui possède un ombilic

1. DE GROSSOUVRE. Bajocien-Bathonien de la Nièvre. *B.S.G.F.*, (4), XVIII, p. 391, pl. xiv, fig. 7a et 7b).

2. E. HAUG. Traité de Géologie, II, p. 998.

DE GROSSOUVRE. *Loc. cit.*, *B.S.G.F.*, (4), XVIII, 1918, p. 347.

assez profond et des constrictiones peu apparentes. Les côtes vigoureuses, surtout vers le bord siphonal, se bifurquent, sans tubercule; les côtes externes passent sur le bord siphonal où elles sont interrompues par un sillon peu profond. Les côtes siphonales sont arrondies, régulières et serrées comme dans la figure-type. La section de la spire est très élargie latéralement à hauteur de la moitié externe des flancs. Le dernier tour présente une hauteur de 30 mm. et une épaisseur de 37 mm. 5, et l'avant-dernier tour 23 mm. 5 de hauteur et 24 mm. 5 d'épaisseur.

On peut évaluer à 38 ou 40, le nombre des côtes de l'avant-dernier tour, et le diamètre total reconstitué devait être d'environ 106 mm.

La ligne suturale est visible en partie.

En comparant le dessin de cette cloison avec les figures originales des cloisons des espèces voisines : *Big. tuberculata* Nic. et *Big. Thevenini* Nic., on peut se rendre compte que la cloison de *Big. Lanquinei* Nic. possède très exactement les caractères intermédiaires entre ces deux espèces¹.

Garantia sp.

Un fragment d'un jeune individu.

Pour compléter cette faunule, je signalerai les débris de trois Ammonites indéterminables : ce qui porte actuellement à 21 les espèces reconnues dans ce gisement. L'exploitation systématique de ce gîte fossilifère par un géologue, en augmenterait certainement le nombre.

L'âge de cette faune se trouve très nettement précisé. La plus grande partie des fossiles appartient au Bajocien et la présence de *Morphoceras dimorphum* D'ORB., de *Bigotites Lanquinei* Nic. etc. permet de synchroniser très exactement cette faune avec la zone à *Garantia garantiana*. Les mêmes couches du Bajocien moyen ont été signalées, un peu plus au Nord d'Oudjda dans les Beni-Snassen par M. Gentil².

Le Bajocien est connu depuis longtemps, en de nombreux endroits de l'Afrique du Nord, où presque tous les géologues qui ont travaillé dans cette région, en ont parlé, mais nulle part on ne paraît pas avoir signalé une faune aussi riche.

1. Cette remarque est à rapprocher de l'étude faite par M. Nicolesco sur les différences existant entre ces trois espèces (*Big. tuberculata* Nic., *Big. Lanquinei* Nic., *Big. Thevenini* Nic.).

Comme les caractères différenciels de ces trois *Bigotites* sont peu accusés, et que les lignes suturales forment passage de l'une à l'autre, on est en droit de se demander, si ces trois espèces ne correspondent pas plutôt à *trois formes d'une même espèce*. Je suis d'autant plus porté à faire cette observation, que tous ces *Bigotites* ont été trouvés non seulement dans le même gisement, mais encore dans la même couche à *Garantia garantiana*.

2. L. GENTIL, loc. cit.

Est-ce que les faunes n'ont pas été étudiées ? Ou bien les autres gisements sont-ils plus pauvres en fossiles ?

Des données fournies par cette faunule, on peut faire quelques constatations et tirer les conclusions suivantes :

1° On remarquera la présence des deux genres : *Morphoceras* et *Bigotella*, qui n'avaient pas encore été signalés dans l'Afrique du Nord.

2° Six espèces sont nouvelles pour le Bajocien marocain : *Terebratula maxillata* Sow., *Pecten* (*Amussium*) *personatus* GOLDF., *Thracia* cf. *Greppini* COSSM., *Phylloceras* cf. *Kudernatschi* VON HAUER, *Morphoceras dimorphum* D'ORB., *Bigotella Lanquinei* NIC.

3° On ne peut mettre en doute la grande affinité de cette faune avec celle du Bajocien de Normandie.

Il faut opposer, à la faible taille des deux *Phylloceras* et du *Lytoceras*, le développement des *Morphoceras*, *Cadomites* et *Bigotites*, l'abondance des Pélécypodes (*Plagiostoma*, *Amussium*) et la présence d'un grand *Pleurotomaria* ; tous ces genres se retrouvent dans la faune néritique de Bayeux.

Pour expliquer la présence des *Phylloceras* et *Lytoceras*, on est conduit à les considérer comme des individus flottés et introduits dans cette faune.

4° Le gisement du djebel Mhasseur annonce, par sa faune de profondeur moyenne, les faciès très nettement néritiques (calcaires gréseux oolithiques et à lumachelles) et transgressifs, bien développés, du Sud-Oranais.

5° Le géosynclinal méditerranéen, qui limitait au Nord le continent africano-brésilien, passait forcément au Nord d'Oudja. Il a été repéré au Nord de Meknès¹ et dans les Beni-Snassen ; il devait s'étendre au nord de Saïda (prov. d'Oran), dont le Bajocien est dolomitique². Vers l'Est, ses limites sont hypothétiques.

De l'ensemble des faunes connues dans le Nord Africain ce géosynclinal nous apparaît, pendant le Bajocien, comme étant assez resserré et de faible profondeur.

1. R. ABRARD. La structure du système pré-rifain au Nord de Meknès (Maroc B.S.G.F. (4), XXI, 1921, p. 87-93.

2. J. WELSCH. Les terrains jurassiques dans les cavités de Tiaret-Frenda Saïda (Oran). B.S.G.F., (3), XVIII, 1890, p. 428.

G. B. M. FLAMAND, thèse, 1911, loc. cit., p. 447.

NOTE SUR LES PROVINCES PÉTROGRAPHIQUES DE LA RUSSIE

PAR F. Lœwinson-Lessing¹.

I. APERÇU GÉNÉRAL.

La notion de provinces pétrographiques établie par Judd, et ébauchée avant lui par Vogelsang, a été confirmée et illustrée par nombre d'exemples. Dans les limites de certaines régions « comagmatiques », pour employer l'expression de Washington, cette notion a un sens réel et se trouve complètement justifiée par l'observation. Par contre les tentatives de réduire la totalité des roches éruptives à deux (ou trois) provinces universelles et de les rallier à des éléments géographiques et géotectoniques, tentatives développées surtout par Becke et Harker, doivent être considérées — et je l'ai exprimé à plusieurs reprises — comme non réussies et erronées, vu que ces provinces universelles schématiques sont en contradiction avec les faits. Il ne manque pas d'exemples de l'association dans une même région de roches des types dits pacifique et atlantique ; ils sont plutôt extrêmement nombreux. Les provinces pétrographiques de la Russie viennent compléter ces exemples.

Si l'on adopte mon point de vue sur les roches alcalines², c'est-à-dire si l'on considère comme telles non seulement la famille des syénites néphéliniques avec tout leur entourage, mais aussi les granites et en grande partie les syénites, la coexistence de roches alcalines et pacifiques se présente comme un fait général sur toute l'étendue de la Russie. Mais, même en conservant au type atlantique sa signification restreinte usuelle, on remarquera que la répartition de la formation néphélinosyénitique ne confirme point les vastes généralisations inhérentes à la conception de deux provinces universelles : la province du Pacifique liée aux régions plissées et la province de l'Atlantique liée aux zones d'effondrement. En Russie les roches du groupe des syénites néphéliniques se rencontrent dans les régions suivantes : la presqu'île de Kola, les monts d'Ilmen dans l'Oural, le district de Marioupol (région

1. Note présentée à la séance du 19 février 1923.

2. F. LOEWINSON-LESSING. Note sur les roches alcalines. *Bull. Soc. Belge de Géologie*, 1922, t. XXXII, p. 54.

de la mer d'Asov), la région de l'Iénisséi, le Turkestan, la région du Baïkal (chaîne de Botogol), l'île de Sakhaline.

Considérons chacune de ces régions.

Le massif de Khibiny et les autres massifs de Kola se trouvent en effet dans la région de l'Atlantique et doivent être considérés comme des horsts dans une zone de cassures. Mais c'est dans le voisinage immédiat avec ces roches que l'on trouve des granites, des gabbros et d'autres roches du type pacifique. Dans ces cas c'est la différence d'âge qui est généralement invoquée pour invalider le fait d'une telle association. On pourrait en appeler à la différence d'âge, de même pour la région de Kola. Mais d'abord, il nous manque les données nécessaires pour se prononcer sur la question d'âge d'une manière ou d'une autre. Et ensuite, supposons même que la différence d'âge des granites, gabbros, etc., d'un côté et des syénites néphéliniques d'un autre soit prouvée, cela ne serait pourtant pas un argument contre la coexistence dans cette vaste région de roches du type pacifique et du type atlantique. En effet, si même ces roches avaient été mises en place à différentes époques, elles ne cesseraient point par ce fait de provenir d'un même bassin magmatique et d'avoir été mises en mouvement à l'état magmatique par le phénomène de dislocations disjonctives qui se prolongeait sans interruptions ou se renouvelait à plusieurs reprises. Cette communauté d'origine des différentes roches ignées est encore plus manifeste dans des régions de plissement telles que l'Oural, les Alpes, etc. La formation de ces montagnes est due à un phénomène de plissement qui se produisait avec des intermittences à plusieurs reprises pendant plusieurs époques géologiques. Il n'en est pas moins vrai que les différentes roches éruptives, roches d'intrusion et roches d'épanchement, qui prennent part à la constitution de ces montagnes se sont formées à différentes époques, séparées peut-être par des intervalles plus ou moins grands. Néanmoins toutes ces roches proviennent d'une même source, d'un même bassin magmatique inhomogène ou différencié, qui fut pris par le phénomène de plissement et qui nourrissait de roches ignées cette zone de dislocations plicatives jusqu'à ce qu'il ne fût épuisé. C'est, comme on sait, un point de vue fixé avec éloquence par Marcel Bertrand.

On pourrait en appeler encore à un argument ; pourquoi le massif finlandais, qui se trouve au point de vue géographique et tectonique dans les mêmes conditions que celui de Kola, n'appartient-il pas au même type pétrographique et en diffère-t-il totalement ?

Les Monts Ilmen dans l'Oural du Sud présentent un exemple analogue à celui de Kola, avec cette différence que nous avons là une zone de plissement avec une série importante de roches alcalines appelées miaskites, dans une région qui est absolument en dehors de l'Atlantique. Les gabbros, les granites, les diabases, les miaskites, appartiennent-ils à différentes époques géologiques ou non? Zawaritzky a constaté que les granites et les gabbros de l'Oural méridional étaient d'âge différent — c'est même peut-être une question de peu d'importance. Ce qui est important, c'est que les miaskites se trouvent dans une zone de plissement du type pacifique et qu'ils ont été influencés au moment de leur formation par l'effort orogénique plicatif tout comme les gabbros de l'Oural du Nord : dans les deux cas il s'est produit une structure rubanée avec la même orientation des bandes de composition différente vis-à-vis de la direction du mouvement orogénique.

La région de la mer d'Azov semble fournir une confirmation de l'hypothèse qui relie les roches alcalines aux régions de cassures. Mais ces cassures ne sont, à ce que prétend Meffert, pour ainsi dire qu'un écho, une suite posthume de plissements antérieurs dans le bassin du Donetz. Et quant aux filons des camptonites et des monchiquites qui remplissent certaines de ces fentes d'origine tectonique, ce ne sont pas absolument des dérivés du magma alcalin, ce qui fait que ces roches ne viennent pas à l'appui de la conception d'une province alcaline. Il faut relever en même temps que dans la région pétrographique avoisinante de la Crimée où les plissements épousent des cassures, on trouve des roches du type alcalin et également du type alcalino-terreux, comme cela a été posé pour la première fois par Meister.

Le Turkestan est une région de plissement typique et n'a eu aucun rapport avec l'Atlantique. Les syénites néphéliniques y sont associées dans différents endroits à d'autres ensembles pétrographiques sans aucune régularité apparente.

Dans la région du Baïkal qui est caractérisée par des cassures et des effondrements, les syénites néphélinitiques ne se trouvent que dans la chaîne de Botogol, tandis que les autres parties de cette région sont caractérisées par des roches d'un type tout à fait différent.

Les roches alcalines du Iénisséi se trouvent dans une région où des cassures sont superposées à d'anciens plissements. Je ne saurais me prononcer sur leur âge géologique et leurs relations avec les plissements et les cassures. Mais ce qui est certain

c'est qu'il n'y a là aucun rapport manifeste avec l'Atlantique.

Enfin à Sakhaline, qui se trouve déjà en plein Pacifique, les syénites néphéliniques sont associées, d'après M^{lle} de Dervies, à des roches du type pacifique.

Somme toute les roches alcalines de la Russie doivent être jointes aux nombreux exemples bien connus de la coexistence dans une même province de roches du type présumé Atlantique et de celui présumé Pacifique. Tous ces faits démontrent clairement que la conception schématique de deux provinces universelles se trouve être en contradiction avec les faits. Je n'insisterai pas sur ces exemples, auquel vient se joindre le territoire de Madagascar. Mais ce qui est surtout intéressant et significatif, c'est que le fond de l'Atlantique lui-même est une preuve éclatante que la distinction géographique entre les roches atlantiques et pacifiques est artificielle. Ce sont les calculs de Washington¹ qui le démontrent. Les moyennes de 72 analyses chimiques de roches provenant du fond de l'Atlantique et de 56 analyses de roches du Pacifique sont presque identiques. Elles correspondent à un basalte un peu plus riche en alcalis que le type ordinaire moyen des basaltes ou plutôt aux mélaphyres dont elles ne se distinguent que par une plus grande basicité ; certaines analyses individuelles de mélaphyres se rapprochent encore plus que la moyenne des mélaphyres aux moyennes de l'Océan Atlantique et de l'Océan Pacifique. Or, le fond de l'Atlantique se trouve n'avoir rien de commun avec les roches alcalines (voir tableau I).

Pour tous les continents le poids spécifique est en moyenne égal à 2.72-2.79, la teneur en silice est environ 60 %.

La composition chimique moyenne de tous les continents est quasi identique ; la composition chimique du fond des océans s'en distingue essentiellement. Il serait donc plus justifié, au lieu de parler de provinces Atlantique et Pacifique, de distinguer des faciès (ou des provinces) *continentales* et *océaniques*.

II. SIMPLIFICATION DES SYMBOLES CHIMIQUES DES ROCHES ÉRUPTIVES.

Ce n'est pas le problème des provinces pétrographiques de la Russie dans tout son ensemble qui fait l'objet de la présente note, mais seulement la question de leur composition chimique. Toutes les caractéristiques des provinces, et tous les calculs de leur composition chimique sont fondés sur les analyses chimiques

1. M. WASHINGTON. Chemistry of the Earth's crust.

de roches russes rassemblées sous les auspices de la Section pétrographique du Comité géologique de Russie par M^{lle} Z. Niémova, qui a calculé les proportions moléculaires et les formules et coefficients d'après les procédés de Osann et Læwinson-Lessing.

Dans l'étude qui suit j'ai fait usage de mes formules¹. Mais, vu qu'il suffit pour une caractéristique sommaire des provinces et leur comparaison de quelques paramètres seulement, j'ai introduit la simplification que voici.

TABLEAU I

	I. FOND DE L'Océan ATLANTIQUE	II. FOND DE L'Océan PACIFIQUE
SiO ²	50.63 %	50.06
Al ² O ³	15.82	15.51
Fe ² O ³	4.44	3.88
FeO.....	5.73	6.23
MgO.....	5.79	6.62
CaO.....	7.36	7.99
Na ² O.....	4.27	4.00
K ² O.....	2.31	2.10
H ² O.....	1.47	1.16
TiO ²	1.63	1.96
P ² O ⁵	0.43	0.25
MnO.....	0.04	0.15
Reste.....	0.07	0.08
	100.05	100.00
Poids spécif..	2.85	2.89

Les formules magmatiques et les coefficients d'acidité sont :

Pour l'Atlantique :

$2.33 \bar{R}O^2 RO^3$ $4.61 SiO^2$

$\alpha = 1.73$

$R^2O : RO = 1 : 3.5$

Pour les mélaphyres :

$2.3 \bar{R}O R^2O^3$ $5.6 SiO^2$

$\alpha = 1.9$

$R^2O : RO = 1 : 3.6$.

Dans mon système de représentation des analyses chimiques le caractère de chaque roche est représenté par cinq nombres. Il est aisé de réduire à trois le nombre des paramètres suffisants à relever les particularités chimiques sommaires et à comparer entre eux les moyennes des différentes familles ou des différentes provinces. Ces paramètres sont : 1° la relation $\bar{R}O : R^2O^3$; vu que R^2O^3 est toujours pris égal à une unité, ce paramètre peut être désigné par R_n ou R_n , où n est le coefficient de $\bar{R}O$; 2° le coefficient d'acidité α ; 3° la relation $R^2O : RO$; en désignant cette relation par r et en prenant RO pour 1, nous avons dans r_m pour m un nombre entier ou une fraction selon que la quantité de R^2O est plus grande ou plus petite que celles des terres

1. Voir F. LÆWINSON-LESSING, Studien über die Eruptivgesteine. CR. Congrès Géol. Intern. St Pétersbourg., 1897.

alcalines. Mais comme pour des études sommaires, comme celles qui suivent, il est suffisant de savoir si la roche (ou le groupe de roches) en question est alcaline ou alcalinoterreuse, c'est-à-dire si ce sont les alcalis ou les terres alcalines qui dominent¹, je me sers de la notation suivante :

+ pour $R^2O > RO$ — pour $R^2O < RO$ et $\pm$ pour $R^2O = RO$.

Ainsi le symbole du type chimique de la roche est réduit à la notation suivante :

+ $R_n\alpha_m$, par exemple + $R_{3\alpha}2.5$
ou + $R^n\alpha^m$, par exemple + $R_3\alpha^{2.5}$

Enfin, on peut encore simplifier en donnant au symbole la forme de fraction où le numérateur est le coefficient de R et le dénominateur celui de α ; ainsi nous avons :

+ $\frac{n}{m}$, par exemple + $\frac{3}{2.5}$
— $\frac{n}{m}$, par exemple — $\frac{3}{2.5}$
 $\pm \frac{n}{m}$, par exemple $\pm \frac{3}{2.5}$

Un pareil symbole, consistant en trois paramètres indépendants a l'avantage d'être très compact ; il se prête donc pour remplacer le point, le cercle ou la croix dont on se sert dans les représentations graphiques de séries d'analyses. Il est également commode pour désigner les limites des variations de certains paramètres dans différentes familles. Ainsi, par exemple, j'ai trouvé pour les granites russes :

le type moyen + $\frac{1.05}{4.12}$ et les limites des variations + $\frac{0.8-1.1}{3.8-5}$

III. CARACTÉRISTIQUE CHIMIQUE DES GRANDES PROVINCES.

Autrefois j'avais exprimé des doutes au sujet des tentatives de tirer d'un nombre plus ou moins grand d'analyses chimiques de roches, par voie statistique, des moyennes globales représentant le type moyen d'un groupe de roches ou la composition moyenne d'une province ou de l'écorce terrestre. Mon scepticisme vis-à-vis d'un tel procédé était fondé sur le fait que dans

1. Voir ma note sur les roches alcalines dans le *Bulletin de la Soc. Belge de Géol.*, 1922.

2. On pourrait désigner un grand excès d'alcalis par $\frac{+}{+}$ et un grand excès de terres alcalines par $\frac{=}{=}$.

ces cas on ne tenait pas compte des quantités relatives de différentes roches et que le nombre d'analyses de telles ou telles roches était toujours accidentel et arbitraire dans des calculs de ce genre.

Néanmoins, on ne saurait nier que ces calculs statistiques semblent donner en général une image plus ou moins vraie de la réalité; la loi des grands nombres semble compenser les écarts accidentels. Voici les raisons qui conduisent à cette conclusion. D'abord, les calculs de différents auteurs, qui opéraient avec des matériaux statistiques différents, aboutissent à des résultats à peu près identiques. Ensuite, le nouveau calcul de Washington, basé sur un nombre d'analyses deux fois (ou même davantage) plus grand que les calculs précédents, a donné en somme un résultat identique. De même la tentative de Knopf, qui a donné dans son calcul aux différents types de roches des coefficients basés sur l'extension relative de ces types indiquée par Daly, a fourni une moyenne qui ne se distingue que peu des moyennes antérieures et appartient en tout cas au même type. Enfin, il ne faut pas oublier qu'en prenant pour base de calcul des quantités égales du type granite et du type gabbro (basalte) et laissant de côté toutes les autres roches puisqu'elles jouent un rôle insignifiant comparé à celui des granites et des gabbros (basaltes), j'ai obtenu¹ une moyenne qui est pour ainsi dire identique à celle trouvée par la voie statistique de Clarke, Washington, etc.

Tout en admettant donc une certaine relativité de pareils calculs statistiques, j'ai appliqué cette méthode à l'étude du caractère chimique des provinces pétrographiques de la Russie et j'ai obtenu des résultats qui me semblent présenter un certain intérêt.

Il n'est point nécessaire, pour faire ressortir les points essentiels du type chimique des différentes provinces, de faire le calcul de toute la composition chimique. Il suffit de prendre le coefficient d'acidité, les formules magmatiques et la relation des alcalis et des terres alcalines. Voir le tableau II ci-contre.

Toutes les grandes régions de la Russie, excepté l'Oural, la région d'Olonetz et la péninsule de Kola, ont à peu près le même coefficient d'acidité correspondant au magma des diorites quartziques. L'Oural, l'Olonetz et Kola ont une composition beaucoup plus basique, tandis que les laccolithes de Piatigorsk sont plus acides. Pour la province d'Olonetz il faut tenir compte du

1. F. LÖWINSON-LESSING. The fundamental problems of petrogenesis, or the origin of igneous rocks. *Geol. Mag.*, VIII, 1911.

TABLEAU II

SYMBOLES SIMPLIFIÉS	PROVINCES	FORMULES MAGMATIQUES	COEFFICIENT D'ACIDITÉ α	RO ² : RO
1.69 — 3.09 1.83	Russie méridionale.....	1.69RO R ² O ³ 6.6SiO ²	3.09	1 : 1.66
— 2.9 1.4	Finlande.....	1.83RO R ² O ³ 6.1SiO ²	2.9	1 : 2.8
— 2.9 1.56 — 2.65	Crimée.....	1.4RO R ² O ³ 5.9 SiO ²	2.76 (2.9-2.95)	1 : 1.4
	Caucase.....	1.56RO R ² O ³ 5.12SiO ²	2.65 ¹	1 : 2.2
	Oural.....		1.75	
1.91 — 2.8 2.09	Région de l'A-mour.....	1.91RO R ² O ³ 6.48SiO ²	2.8	1 : 3.2
— 3.01 2.2 — 2.64 2	Région du Ié-nisséi.....	2.09RO R ² O ³ 5.86SiO ²	3.01	1 : 3.4
— 2.65	La Daourie de la Selenga..	2.2 RO R ² O ³ 5.59SiO ²	2.64	1 : 3.09
	La région de la Lena.....	2RO R ² O ³ 6.2SiO ²	2.65	1 : 2.6
	La région d'O-lonetz.....		1.66 ²	
	Toute la Sibérie.....		2.8	
+ 1.76 1.92	La presqu'île de Kola.....	1.76RO R ² O ³ 4.5SiO ²	1.92	1.6 : 1
	La Russie tout entière (660 analyses) ...		2.38 ³	

fait que les granites de cette région n'ont pas été analysés ; toutefois la grande basicité de la région ne saurait être expliquée par ce seul fait, car il est certain que les roches basiques (diabases, gabbrodiabases, porphyrites augitiques, etc.) y jouent un rôle prépondérant. Pour l'Oural on pourrait aussi admettre que sa basicité n'est qu'apparente et résultent de ce que les granites ont été analysés bien moins souvent que les roches

1. Avec les laccolithes de Piatigorsk $\alpha = 2.98$.

2. Avec l'île de Valamo $\alpha = 1.9$.

3. MM. Frank et Washington viennent de publier une moyenne de 98 analyses pour la Russie (sans la Sibérie et la Finlande) qui donne $\alpha = 1.9$. Cette moyenne ne donne pas une idée exacte de la composition chimique de la Russie d'Europe (sans la Finlande et la presqu'île de Kola), probablement à cause du nombre insuffisant d'analyses et de la prépondérance d'analyses des roches de l'Oural (Voir F. FRANK et H. WASHINGTON, The average chemical composition of igneous rocks. Paper from the Geophysical Laboratory. N° 4. *Proc. of the National Ac. of Sc.*, v. 8, n° 5, p. 108, 1922).

basiques et ultra-basiques. Mais on ne doit pas oublier tout de même que dans l'Oural du Nord et l'Oural central les diabases et les différents représentants de la formation gabbro-pyroxénite-péridotique prédominent réellement.

Les analyses chimiques de roches de Kola comprenant presque exclusivement des roches de la famille des syénites néphéliniques, la caractéristique du type chimique de la presque île tout entière en devient forcément incomplète et on ne peut parler que du type chimique d'une partie de la région, il est vrai de la partie principale. Sous cette restriction il faut constater que le type chimique de la région se distingue des types des autres régions. Toutes les roches y sont sodiques et riches en alumine; dans les cas où il y a peu de monoxydes, les quantités de chaux et de magnésie sont à peu près identiques, mais en général la chaux prédomine un peu; quand il y a beaucoup de RO, la chaux prédomine considérablement.

Revenons au coefficient d'acidité.

Il est intéressant de constater que le coefficient d'acidité pour la Russie tout entière, tiré de 660 analyses chimiques, est identique avec le coefficient d'acidité pour l'écorce terrestre calculé d'après les dernières données de Clarke et avec le coefficient d'acidité pour la totalité des roches éruptives d'après Washington (plus de 5000 analyses):

Russie : $\alpha = 2.38$.

Roches éruptives (d'après Washington) : $\alpha = 2.39$.

Ecorce terrestre (d'après Clarke) : $\alpha = 2.41$.

Examinons maintenant chaque province séparément.

Finlande. Les 43 analyses¹ chimiques dont je disposais, donnent :

$1.83 \text{ RO } 6.4 \text{ SiO}_2$; $\alpha = 2.9$; $\text{R}_2\text{O} : \text{RO} = 1 : 2.8$; $\beta = 50 = 33.4 \%$

Cette composition correspond au type des diorites quartziques sauf un peu plus de RO.

Les granites de Finlande dont je possède 20 analyses présentent un type très voisin de celui qui a été déduit par moi de la moyenne de Daly (comprenant 236 analyses) et de celui des granites de la Suède, mais il s'en distingue par une acidité un peu supérieure.

Région d'Olonetz. Comme je l'ai déjà indiqué plus haut, les analyses chimiques des granites de l'Est du lac de l'Onega

1. J'avais en tout 52 analyses, mais j'ai pris pour le Rappakiwi de Pyterlaks la moyenne de 7 analyses et pour l'ijolite la moyenne de 4 analyses.

faisant défaut, le type chimique de la province d'Olonetz n'est pas tout à fait conclusif. Il faut croire qu'avec ces granites, ainsi que ceux qui s'étendent au Nord du lac d'Onega, on obtiendrait le même type que pour les autres régions, c'est-à-dire le type des diorites quartziques. Les analyses dont je dispose, se rapportent à la partie occidentale et nord-ouest de l'Onega, y compris les îles. La moyenne de 14 analyses donne pour α la valeur de 1.66 ; comme toutes ces 14 roches appartiennent au type alcalino-terreux (à peu près la moitié avec prépondérance de magnésie et l'autre de chaux), c'est à un magma basaltique (diabasique) que nous avons à faire. En y joignant encore les roches diabasiques de Povenetz décrites par Inostranzeff il y a bientôt 50 ans sous le nom de « diorites », on obtient un énorme bassin de magma basaltique (diabasique) qui donnait (durant le Paléozoïque inférieur ou le Précambrien?) des intrusions ainsi que des épanchements accompagnés de cendres volcaniques. Dans la région des quartzites, le long du bord occidental de l'Onega, ce magma s'est enrichi de silice et a donné naissance à des gabbrodiabases quartzifères et à des gabbrodiabases à micropegmatite.

Russie méridionale. La formule moyenne, déduite de 65 analyses (voir le tableau II), correspond à une diorite quartzique acide ou, parmi les roches effusives, à la santorinite. Le type chimique moyen de la Russie méridionale est très proche de celui de la Finlande, mais il se distingue de ceux de l'Oural, du Caucase et de la Crimée.

Sans les granites on obtient :

$$2.22 \bar{R}O \ R^2O^{34.9}SiO^2; \alpha = 2.09; \ R^2O : RO = 1 : 4.5$$

ce qui correspond à un gabbrosyérite pauvre en $\bar{R}O$ ou au type des mélaphyres comme je le comprends.

Crimée. Toutes les roches sont très sodiques. Il n'y a que peu de roches avec $MgO > CaO$, comme la mélaphyre de Badrak, la mésolimbargite de Soudak et le quartz porphyre de l'Ouraga, en général celles où la quantité de RO est petite ; dans toutes les autres roches c'est $CaO > MgO$ et il y a beaucoup de fer. Parmi les 30 analyses que j'avais à ma disposition au début, 9 se rapportent à des roches alcalines, 20 à des roches alcalino-terreuses et 1 au type intermédiaire.

La moyenne de ces analyses :

$$1.52 \bar{R}O \ R^2O^3 \ 5.67 \ SiO^2; \alpha = 2.60; \ R^2O : RO = 1 : 1.78.$$

correspond à mes andésitodacites (ou aux banatites) ; cette

moyenne se rapproche sensiblement du type moyen des laves du Kasbek, tandis que les roches des laccolithes de la Crimée sont très semblables au point de vue de leur composition chimique, aux roches de Piatigorsk.

En y joignant encore 17 analyses on trouve la moyenne du tableau II, c'est-à-dire en somme le type des diorites quartziques.

Dans toutes les roches de la Crimée la soude prédomine sur la potasse. Ces roches sont caractérisées par la fréquence de $\bar{R}O$: $R^2O^3 < 1$ ou un peu > 1 , avec $\alpha < 2$ et même $\alpha < 1.5$; cela se rencontre également dans la Russie méridionale, mais pas au Caucase.

Caucase. Le type moyen de toutes les roches du Caucase qui ont été analysées, correspond aussi à celui des diorites quartziques.

Il est intéressant de comparer entre elles les compositions chimiques moyennes des laves du Kasbek, des laves de l'Elbrouz, des laccolithes de Piatigorsk, des « introdacites de M. Beljankin, c'est-à-dire des intrusions granitiques récentes dans le massif du Kasbek et du granite du Darial.

TABLEAU III

ROCHES	FORMULES MAGMATIQUES	α	$R^2O : RO$
Laves du Kasbek ¹	$1.5\bar{R}O R^2O^3 5.8SiO^2$	2.57	1:2.2
Laves de l'Elbrouz ²	$1.2\bar{R}OR^2O^3 6.28.SiO^2$	3.0	1:13
Roche intrusive (« diorite ») de Souatis-Don ³	$2.4\bar{R}O R^2O^3 6.2SiO^2$	2.4	1:3
Granite filonnaire de Souatis-Don..	$1.25\bar{R}OR^2O^3 7SiO^2$	3.32	1.2:1
Granite du Darial.....	$1.3\bar{R}O R^2O^3 7SiO^2$	3.3	1:1.2
Laccolithes de Piatigorsk.....	$1.23\bar{R}OR^2O^3 7.17SiO^2$	3.41	2:1
« Andésites de Marioupol ».....	$1.75\bar{R}O R^2O^3 6.38SiO^2$	2.67	1:2.1

Dans les détails chacun de ces types a ses particularités. Ainsi les laves du Kasbek appartiennent au type que j'ai appelé « andésitodacite », celles de l'Elbrouz sont presque identiques aux dacites ; la « diorite » intrusive peut être classée parmi les andésites, tandis que le granite filonnaire et le granite du Darial sont des roches adamellitiques ; les lacco-

1. Moyenne de 31 analyses calculée par M. Beljankin.
2. Moyenne de 27 analyses donnée par M. Doubiansky.
3. D'après M. Beljankin.

lithes de Piatigorsk sont du type de la liparito-andésite de Milch ; enfin les « andésites » du district de Marioupol appartiennent au type des andésitodacites. Néanmoins, si l'on fait abstraction des détails, si l'on prend en considération les variations de composition auxquelles sont sujettes toutes les familles plus ou moins considérables des roches éruptives, les particularités et les différences sus indiquées disparaissent. Et alors la totalité des roches en question se trouve appartenir au groupe des dacites et andésitodacites. La similitude du Kasbek et de l'Elbrous est peut-être plus grande qu'elle ne paraît l'être à première vue. Le Kasbek, c'est le type andésitodacitique, l'Elbrous est franchement dacitique. Mais pour l'Elbrous nous avons principalement des laves de la cime et de la partie supérieure du cône qui sont peut-être plus acides que les éruptions postérieures. Du moins la roche du faite du Kasbek est aussi plus acide que les éruptions plus récentes ; la lave qui forme le soubassement de tous les épanchements du Kasbek est plus acide que ceux-ci ; la lave du Syrkh du Kasbek, ce cône secondaire sur les épanchements du Kasbek, est moins acide que la lave du sommet du Kasbek. Il faut surtout relever que parmi les analyses individuelles des laves du Kasbek et de l'Elbrous il y en a qui sont à peu près identiques ; enfin une des laves du Kasbek (sur le Tchkhéri) est identique au type moyen de l'Elbrous.

Mais ce qui est surtout significatif et intéressant c'est la similitude de certains types intrusifs du Caucase et de roches d'épanchements, ainsi que des intrusions de différents âges, ce qui a déjà été relevé par M. Beljankin.

Ainsi, le granite filonien de Souatis-Don d'âge récent et le granite ancien du Darial sont identiques et appartiennent tous les deux au type de l'adamellite. Le cône extrusif du Syrkh de l'Aragva (plateau de Keli), qui est en grande partie vitrophyrique, a une composition chimique identique avec les granites mentionnés. On ne saurait nier également la grande ressemblance des laccolithes de Piatigorsk avec ce même Syrkh, quoique les roches de Piatigorsk soient plus acides et plus alcalines.

Ainsi, on peut dire que dans la région du Kasbek et du plateau de Keli les roches intrusives et les roches d'épanchement proviennent d'un seul bassin magmatique et c'est à l'inhomogénéité de ce bassin et peut-être en partie à des assimilations au cours du phénomène d'éruption qu'il faut attribuer les particularités individuelles de certaines intrusions ou de certains épanchements. En somme l'Elbrous, qui est un peu plus acide,

est aussi proche de ce type. Les laccolithes plus acides de Piatigorsk ne s'en distinguent pas considérablement et les « andésites » de Marioupol sont à peu près identiques à ceux de l'Elbrous. Sur ce fond général andésitodacitique et dacitique tranchent les coulées considérables d'andésitobasaltes de Mléty et Kadis-Khévi (versant méridional du col de la Croix) et les épanchements considérables des liparites de Kughen-Kaïa dans la vallée de Tchéguem.

Il a été signalé plus haut que la composition globale moyenne des roches du Caucase est celle d'une diorite quartzique un peu basique. Un magma qui serait composé de deux parties d'andésitodacite et d'une partie de dacite, aurait une composition quasi identique à celle-ci :

I. Moyenne des analyses des roches du Caucase :

1.56 RO R²O³ 5.1 SiO². $\alpha = 2.65$; R²O : RO = 1 : 2.2.

II. Mélange de 2 p. d'andésitodacite et 1 p. de dacite :

1.48 RO R²O³ 6SiO²; $\alpha = 2.66$; R²O : RO = 1 : 2.5.

Turkestan. Comme je n'ai que 17 analyses de roches du Turkestan, il faut considérer la formule de la composition moyenne comme préliminaire. Quand il y aura plus d'analyses le type chimique du Turkestan se rapprochera certainement de celui des diorites quartziques, tandis qu'à l'état actuel de nos connaissances il correspond en somme à peu près à celui des basites quartziques (gabbros quartziques). La valeur de $\beta = 58,7$ ou 37 % et celle de SiO² 63 % correspondent absolument à ce qu'il faut pour le type des diorites quartziques.

Dans toutes les roches sauf la syénite à sodalite il y a plus de magnésie que de chaux.

Les granites du Turkestan ne sont représentés que par 3 analyses qui donnent le symbole $\pm \frac{1.03}{3.64}$ et la formule 1.03 ROR²O³ 7.55 SiO² avec $\alpha = 3.64$ et R²O : RO = 2.42 : 1.

Dans les trois granites la soude prédomine sur la potasse.

Oural. La région de l'Oural est caractérisée par une grande diversité des roches qui la composent : formation gabbro-pyroxénito-péridotique de la partie septentrionale de la chaîne, miasmites des Monts Ilmen dans le Sud, granites du Carbonifère, diabases et porphyrites dévoniennes, différents granites, syénites, diorites, serpentines, etc. En comparaison avec la région des roches cristallines de la Russie méridionale les granites jouent dans l'Oural un rôle plus modeste et ce sont les roches basiques et ultrabasiques alcaliptoches qui occupent la première place.

C'est pourquoi le type chimique de l'Oural se distingue de ceux des autres régions par une basicité considérable et par sa pauvreté en alcalis. Il paraît que nous avons affaire ici aux racines profondes du bassin magmatique.

Nous avons à notre disposition 226 analyses. Le coefficient d'acidité de toute la masse des roches analysées est égal à 1.75, ce qui correspond à un basalte un peu riche en silice.

La relation de la magnésie et de la chaux est telle : dans 75 analyses $MgO > CaO$, dans 157 cas $CaO > MgO$ et dans 17, $MgO = CaO$. En laissant de côté les miaskites, les granites, les syénites et quelques autres roches, on peut dire que c'est le groupe magnésien qui imprime à l'Oural, surtout à l'Oural du Nord et de la partie septentrionale de l'Oural central, son caractère particulier. Ainsi pour le Denejkin Kamen nous avons $MgO > CaO$ (en moyenne $MgO : CaO = 1.8 : 1$), pour le district de Nijne-Taguilsk également $MgO > CaO$, au Katchkanar $MgO : CaO = 1 : 1.05$.

Un examen des principales régions de la partie méridionale de l'Oural du Nord et de la partie septentrionale de l'Oural central fait ressortir leur grande similitude avec le type chimique global de l'Oural tout entier déjà mentionné. Il suffit de jeter un coup d'œil sur le tableau IV pour s'en rendre compte.

Un fait particulièrement intéressant est l'identité complète de la composition chimique du Denejkin Kamen, du Katchkanar et en partie du Sérébriansky Ouval. Cette composition est celle d'un gabbro ultrabasique alcaliptoche. La région de l'Iss correspond au gabbro ordinaire, celle de Nijne-Taguilsk dans son entier à un basalte un peu plus acide que le type moyen ordinaire.

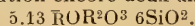
La région du Nicolo-Pawdinsk est également équivalente au type basaltique.

Quant au massif de Koswinsky Kamen le nombre d'analyses n'est pas suffisant pour se prononcer définitivement ; il y a lieu de penser qu'il devrait être plus ou moins identique avec le Denejkin Kamen.

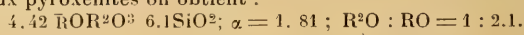
TABLEAU IV

RÉGIONS	FORMULES MAGMATIQUES	COEFFICIENT D'ACIDITÉ α	R ² O : RO	SYMBOLE SIMPLIFIÉ	β	MgO : CaO.
Régions de l'Iss ¹ .	2.8RO R ² O ³ 4SiO ²	1.45	1 : 40	$-\frac{2.8}{1.45}$	83 (45 %)	
Région de Nijne- Taguilsk	2.84RO R ² O ³ 5SiO ²	1.8	1 : 24	$-\frac{2.84}{1.8}$	87 (46 %)	
Koswinsky Kamen.	6.6RO R ² O ³ 6.3SiO ²²	1.67	1 : 6	$-\frac{6.6}{1.67}$	88.2 (46 %)	Dans 5 anal. MgO < CaO Dans 4 anal. CaO < MgO
Région de Nicolov- Pavda ²	2.6RO R ² O ³ 4.84SiO ²	1.7	1 : 40	$-\frac{2.6}{1.7}$	83 (45 %)	Dans 8 cas MgO > CaO Dans 20 cas CaO > MgO Dans 2 cas MgO = CaO
Farnakovsky Oul- val		1.35 1.23 (ou 1,4 si l'on ne prend que 4 anal.).	1 : 23			
Sérébriansky Oulval.			1 : 13.7 (ou 1 : 16.6)		100 (50 %)	CaO > MgO
Katchkanar	5.89RO R ² O ³ 4.97SiO ²	1.15	1 : 424	$-\frac{6}{1.15}$	108 (52 %)	MgO = CaO
Denejkin Kamen. . .	5.98RO R ² O ³ 4.90SiO ²	1.11	1 : 47	$-\frac{6}{1.11}$		MgO : CaO = 1.8 : 1

1. Si on prend en considération encore deux analyses de pyroxénite :



2. Avec deux pyroxénites on obtient :



CONCLUSIONS.

La composition chimique des provinces pétrographiques de la Russie et en particulier la répartition des roches alcalines basiques n'appuient pas la conception de deux provinces universelles, la province Atlantique et la province Pacifique, liées à des types différents de dislocation de l'écorce terrestre, comme cela a déjà été relevé pour nombre d'autres régions.

L'acidité moyenne de toute la masse des roches éruptives de la Russie (et probablement aussi les autres paramètres chimiques qui n'ont pas encore été calculés) est identique à l'acidité moyenne mondiale de toutes les roches éruptives et de toute l'écorce terrestre.

Toutes les grandes régions de roches cristallines de la Russie sauf l'Oural (ainsi que Kola et Olonetz qui ne sont peut-être que des exceptions apparentes) appartiennent au type du magma des diorites quartziques. L'Oural a une composition chimique basaltique correspondant à celle du fond des océans Atlantique et Pacifique. S'il y a réellement une différence tranchée entre le type chimique continental et océanique, c'est à ce dernier qu'appartient l'Oural, ancien géosynclinal et fond océanique¹.

1. Il y a peut-être une région basaltique analogue dans le Nord et l'Est de la Sibérie.

OBSERVATIONS SUR LA DISTRIBUTION
DANS LES MERS ACTUELLES,
DES MOLLUSQUES DE L'ARGILE A *YOLDIA*
DES ENVIRONS DE CHRISTIANIA

PAR LE GÉNÉRAL de Lamothe¹.

Pour expliquer les phénomènes qui ont eu lieu dans le Nord de l'Europe pendant le Post-Pliocène, et qui ont déterminé la formation jusqu'à une altitude de 240 m. environ, d'une série de dépôts marins avec moraines intercalées, les géologues scandinaves ont eu recours à une théorie basée sur la distribution bathymétrique, dans les mers actuelles, des Mollusques recueillis dans ces dépôts. Cette théorie qui a fait l'objet d'un mémoire magistral de Brögger² a pour point de départ l'observation suivante. Les espèces communes et caractéristiques que l'on trouve dans l'argile inférieure à *Yoldia* du fjord de Christiania, en aval des moraines externes, vivent dans les mers de l'Extrême-Nord, et la plupart ont été recueillies dans la Mer de Kara, à des profondeurs comprises entre 10 et 30 m.; aucune espèce des grandes profondeurs ne leur est associée. Comme l'altitude de cette argile ne dépasse pas quelques mètres, on doit en conclure que la mer où elle s'est déposée s'élevait à 20-30 m. au plus au-dessus du rivage actuel. L'argile supérieure à *Yoldia* comprend cinq espèces qui vivent à des profondeurs un peu plus grandes (20-30 m.); leur présence indique que le niveau de la mer s'est élevé à 40-60 m. pendant le dépôt de cette argile.

En partant de ces données, complétées par quelques autres tirées également de la distribution bathymétrique des Mollusques trouvés dans des dépôts plus récents, Brögger a montré que les dépôts marins et les moraines s'étaient formés pendant un mouvement continu d'élévation de la mer, et qu'un mouvement inverse avait ensuite ramené la mer dans ses limites actuelles.

Une théorie basée sur le même point de départ a été récemment émise par des géologues canadiens, pour expliquer la succession des phénomènes quaternaires dans la région d'Ottawa³.

1. Note présentée à la séance du 28 mai 1923.

2. BRÖGGER. Om de sen glaciala og postglaciala nivåforandringer i Kristiania-feltet. Kristiania, 1901.

3. JOHNSTON. Late Pleistocene oscillations of sea level in the Ottawa valley, Canada. *Geological Survey*, 1916.

Postérieurement au mémoire de Brögger, deux expéditions arctiques entreprises par le Prince de Monaco et par le Duc d'Orléans, ont rapporté, la première surtout, un très grand nombre de documents sur la faune malacologique de ces régions; ces documents ont été étudiés par notre confrère M. Dautzenberg et ont fait l'objet de deux importantes publications¹. J'ai pensé qu'il y aurait intérêt à en extraire les données concernant la distribution bathymétrique et géographique des espèces signalées dans l'argile à *Yoldia* et qui vivent actuellement dans l'extrême Nord, de façon à déterminer avec le maximum de précision les conditions dans lesquelles ces espèces ont dû vivre à l'époque où se déposait cette argile. Le tableau ci-après résume les résultats obtenus.

Dans la première colonne figurent les noms des espèces citées de l'argile à *Yoldia*; pour quelques-unes d'entre elles, les noms qui doivent leur être attribués conformément aux règles de la nomenclature, ont été mis entre parenthèses. En regard, figurent les données les plus importantes concernant la répartition géographique des espèces, et dans une dernière colonne, à la suite des lettres D.b., les nombres indiquant les limites de leur distribution bathymétrique. Comme ces limites ont été souvent établies d'après les profondeurs auxquelles les espèces ont été recueillies, sans tenir compte explicitement de leur état, j'ai autant que possible, relevé pour chaque espèce, les données bathymétriques fournies par les dragages; les profondeurs trouvées sont précédées de la lettre V, quand il est spécifié que l'espèce a été recueillie vivante, et de guillemets quand le texte de l'auteur autorise à l'admettre comme très probable. Ces divers renseignements ont été extraits en majeure partie des travaux de M. Dautzenberg, et en outre, de quelques autres dont les principaux sont signalés ci-dessous²; ils sont suivis des noms ou des initiales des auteurs.

1. Résultats des campagnes scientifiques accomplies par Albert I^{er}, prince de Monaco, fasc. 32 et 37. Mollusques, par PH. DAUTZENBERG et FISCHER. Monaco, 1906 et 1912. — Campagne arctique du duc d'Orléans en 1907. Mollusques et Brachiopodes, par PH. DAUTZENBERG et FISCHER. Bruxelles, 1910.

2. BRÖGGER, ouvrage cité. — G. O. SÆRS. Mollusca regionis arcticæ Norvegiæ. Christiania, 1878. — BINNEY (GOULD). Report of the invertebrata of Massachusetts. 2^e éd., 1870. — DE GUERNE. Le Varangerfjord. *Bull. Soc. malacol. de Belgique*, XXI, Bruxelles, 1886. — NORMAN. The mollusca of the fjords near Bergen. *J. of Conchology*, Leeds, 1879. — LOCARD. Expédit. scientif. du « Travailleur » et du « Talisman », Mollusques testacés, Paris, 1897-98. — CLAUDON. Faunule malacologique de Saint-Raphaël, *Feuille des jeunes naturalistes*, 1902. — SOWERBY. Illustrated Index of British Shells, 1859-1887. — MAC ANDREW. List of mollusca observed between Drontheim and the North cape. London, 1876. — METZGER. Nordseefahrt der Pommerania: Mollusca. Berlin, 1875. — RICHARD HÄGG. Mol-

TABLEAU DES ESPÈCES CARACTÉRISTIQUES DE L'ARGILE A *YOLDIA*
DES ENVIRONS DE CHRISTIANA¹.

<i>Pecten islandicus</i> MÜLL. (<i>Chlamys islandi-</i> <i>dica</i> MÜLL.).	Circumpolaire, côtes N et NW de la Norvège, mers de Kara et de Barentz, Spitzberg, Is- lande, Groënland, côtes atl- lantiques de l'Amérique boré- ale, détroit de Behring, Nord du Japon, golfe de Gas- cogne (fragments).	D.b. 2-356 m. (Hägg). V. 20 m. Spitzberg (D). V. 50 m. id. (H). V. 20-135 m. Varanger- fjord (G). V. 300 m. Porsanger- fjord (Friele). V. 10-90 m. Côtes NW de la Norvège (S). V. 20-90 m. Groënland (Br).
* <i>Modiolaria nigra</i> GRAY.	Circumpolaire, mers de Kara, Norvège, Danemark, Bal- tique (Kiel), Ecosse, Groën- land, côtes atlantiques de l'Amérique boréale, mer de Behring et d'Okhotsk, côtes du Japon.	D.b. 3-370 m. (Hägg). V. 48 m. Ile Hope (D). V. 98 m. Sud de la N ^{lle} Zemble (D). V. 27-270 m. Côtes N et NW de la Norvège (Mac Andrew). V. 18-360 m. Groënland (Br). » 93 m. Cap Skagen (Metzg).
<i>Portlandia (Yol-</i> <i>dia) arctica</i> GRAY et varié- tés : <i>siliqua</i> REEVE, <i>portlan-</i> <i>dica</i> REEVE, <i>in-</i> <i>flata</i> LÈCHE, <i>nux</i> W. C. B. (<i>Port-</i> <i>landia glacialis</i> GRAY).	Circumpolaire, côte Nord d'Asie, mer de Kara, mer Blanche, Spitzberg, Groën- land, mer de Behring.	D.b. 5-220 m. (Hägg) ² . V. 63-65 m. N de l'Asie (Br). V. 23-45 m., mer Blanche (Br). V. 10-30 m. mer de Ka- ra, abondant (Br). V. 108-153 m., mer de Kara, rare (Br). V. 9-54 m. Spitzberg (Br). V. 12-220 m. Est du Groënland, abon- dant (Hägg). V. 9-36 m. Baie de la Découverte (Br).

lusca und Brachiopoda der Schwedischen polar expedition im J. 1900 *Arkiv. för Zoologi*. 1904. — FRIELLE. Mollusca der ersten Nordmeerfahrt des Fischerei-dampfers « Michaël Sars » im J. 1900. Christiana, 1902. PALLARY. Coquilles marines du littoral du département d'Oran. *J. de Conchyliologie*, tome 48, 1900. — JEFFREYS. Croisières du Porcupine. Les abîmes de la mer par Wyville Thomson. Paris, 1875.

1. Les 5 espèces précédées d'une astérisque n'ont encore été signalées que dans l'argile supérieure à *Yoldia*.

2. Hägg donne comme limites bathymétriques de l'espèce dans les régions polaires : type : 5-220 m., var. *portlandica* 7-200 m., var. *inflata* 7-130 m.

- **Yoldia hyperborea* LOVEN = *Y. arctica* REEVE non GRAY.
(*Y. hyperborea* (LOVEN) TORRELL).
- Leda pernula* MÜLL.
- Leda pernula* MÜLL. var. *costigera* LÈCHE.
(*Leda minuta* MÜLL.).
- Nucula tenuis* MFG. et var. *expansa* REEVE¹.
- Espèce boréale connue seulement du Nord de l'Asie (Br), de la mer de Kara et de Barentz du Spitzberg, et du détroit de Behring.
- Circumpolaire, côte N d'Asie, Finmark, Spitzberg, côtes atlantiques de l'Amérique boréale, mer de Behring, Danemark, draguée entre Falmouth et Gibraltar (Jeffreys) par 550-1020 m.
- Circumpolaire, mer de Kara, Norvège, Groënland, baie de Fundy, mer de Behring, Océan Pacifique, descend jusqu'à l'Oregon et au Japon; N et S des Iles Britanniques, Hébrides (Jeffreys) Golfe de Gascogne (valves) (de Boury).
- Circumpolaire, côtes d'Europe jusqu'au détroit de Gibraltar, Méditerranée, côtes atlantiques de l'Amérique boréale, mer de Behring, Vancouver, Japon. Descend jusqu'au golfe du Mexique où elle a été trouvée entre 315 et 810 m. (Būsh).
- D.b. 15-640 m. (D).
V. 186 m. Ile Hope (D).
V. 10-20 m. Spitzberg (D).
V. 9-270 m. Spitzberg. (Br).
» 180-700 m. Groënland (Br).
D. b. 36-410 m. (D).
V. 186 m. N de l'île Hope. (D).
V. 0-22 m. Spitzberg (D).
V. 98 m. Sud de la N^{lle} Zemle (D).
V. 12-35 m. Est du Groënland (Hägg).
V. 20-134 m. Varangerfjord (G).
V. 36-288 m. Côtes de Norvège (Mac A.).
V. faibles profondeurs. Hellebock¹. (Danemark) (Coll^{on} D).
D. b. 4-366 m. (D).
V. 135 m. Porte de Kara (D).
V. 177 m. près des îles Lofoten (D).
V. 20-79 m. Varangerfjord (G).
V. 100 m. E du Groënland (H).
V. 18-270 m. Côtes de Norvège du Finmark jusqu'à Christiana (S).
V. 18 m. environ Angleterre (Sow.).
D. b. 5-667 m. (D).
V. 20 m. Spitzberg (D).
V. 177 m. près des îles Lofoten (D type).
V. 270 m. Spitzberg (Br).
V. 10-160 m. mer de Kara (Br).
V. 36-540 m. Du Finmark à Christiania (S).

1. La var. *expansa* semble spéciale aux mers froides; d'après Hägg, la D.b. de cette variété est comprise entre 65 et 374 m. tandis que le type vit entre 4 et 2190 m.

- V. 72-180 m. Côtes Nord d'Angleterre (Sow). type.
- V. 120-150 m., Méditerranée à St-Raphaël (Cl) type.
- Macoma calcarea* Circumpolaire, côte N d'Asie, D. b. 0-1 267 m. (D).
 Cr. et var. *maxima* W. C. B. Spitzberg, Norvège, Groënland, mer de Behring (S), Danemark, côte atlantique de l'Amérique du Nord, golfe de Gascogne (exempl. morts). V. 175 m. Spitzberg occidental (D).
 V. 50 m. Isfjord (H).
 V. 150 m. Groënland (collect. Dautz.)
 V. 3-150 m. Côte d'Asie (Br).
 V. 20-30 m. Varangerfjord (G).
 V. 20-30 m. Copenhague et Nisum Breeding (collect. Dautzenberg)¹.
- Lyonsia arenosa* Circumpolaire, mer de Kara, D. b. 18-72 m. (S).
 MÖLL. Spitzberg, côtes atlantiques de l'Amérique boréale, détroit de Behring. Christiania (N). Espèce très rare. V. 3-36 m. mer de Kara (Br).
 V. 9-36 m. W du Groënland (Br).
 V. 12-35 m. E du Groënland (H).
 V. 18-72 m. Finmark (S).
 V. 18-36 m. Tromsö (S).
- Saxicava arctica* Circumpolaire, Spitzberg, Norvège, Angleterre, golfe de D. b. 0-1 287 (D).
 L. et var. *Uddewallensis* FAB². Gascogne, Açores, Méditerranée, Mauritanie, Ste-Hélène, le Cap, côtes atlantiques de l'Amérique du Nord, Japon, détroit de Magellan. V. 22 m. Spitzberg (D).
 V. 60 m. W. du Spitzberg (H).
 V. 48 m. Ile Hope (D).
 V. 499 m. W. du Groënland (H).
 V. 80-100 E du Groënland (H).
 V. 440 m. Norvège près du cercle polaire (D).
 V. 60-65 m. Marseille (Marion).
 V. 30-60 m. Mers-el-Kebir (Pallary).
 V. 155-248 m. Golfe de Gascogne (L).
 V. 1289 m. Pico (Açores) (D).
 V. 183-274 m. Le Cap (L.)

1. La var. *maxima* a été trouvée par Sell au cap Skagen (collection D.).

2. La var. paraît spéciale aux mers froides.

<i>Lopetacœca</i> MÜLL. et var. <i>major</i> W. C. B.	Circumpolaire, Spitzberg, Groënland, Islande, du Fin- mark à Christiania, Ecosse Açores, mers des Sargasses et des Indes occidentales, Alaska, mer d'Okhotsk, Ja- pon.	D. b. 9-1262 m. (D). V. 20-150 m. Varanger- fjord (G). V. 10-108 m., mer de Kara (Br) V. 36-180 m. Norvège (Mac A.). » 90-360 m. Bergen (N). V. Surface de la mer des Sargasses sur les plantes (Bergh).
<i>Natica affinis</i> Gm. et var. <i>clausa</i> Brod. et Sow. (<i>Natica clausa</i> Brod. et Sow.).	Circumpolaire, mer de Kara, Spitzberg, Islande, Groën- land, du Cap Nord à Chris- tiania, Canada, mer de Beh- ring, Vancouver, Japon.	D. b. 0-2586 m. (D). V. 40-70 m. Spitzberg. (D). V. 48 m. Ile Hope (D). V. 0-135 m. Varanger- fjord (G). V. 4-126 m., mer de Kara (Br). V. 90-270 m. Nord de la Norvège (Mac And.). » 7-360 m. Bergen (N).
<i>Lunatiagroënlan- dica</i> BECK. (<i>Natica pallida</i> Brod. et Sow.).	Circumpolaire, mer de Kara, Spitzberg, Islande, Norvège, Iles Britanniques, Groën- land, côtes atlantiques de l'Amérique boréale, Alaska, Japon.	D. b. 36-1203 m. (D). V. 186 m. Ile Hope (D). V. 177 m. Norvège près des Lofoten (D). » 23-325 m. Varanger- fjord (G). V. 5-90 m., mer de Kara (Br). V. 81 m. Northumber- land (Sow.).
* <i>Bela nobilis</i> MÜL- LER = <i>rugulata</i> auct.	Mer de Kara, Groënland, du Finmark jusqu'aux îles Lo- foten, côte atlantique de l'Amérique du Nord (Binney).	D. b. 36-216 m. (Sars) V. 36-54 m. Vadsö (S.) V. 20-65 m. Varanger- fjord (G).

Bela nobilis appartient, d'après M. Dautzenberg, au groupe de *B. turricula* MTG. dont les diverses formes décrites sous les noms spécifiques de *nobilis*, *assimilis*, *scalaris*, *rugulata*, sont souvent difficiles à séparer. Le seul fait à retenir ici, c'est que les limites de leur D. b. dans les mers du Nord sont très grandes.

Sars donne pour limites bathymétriques de ces diverses formes : 72-180 m. pour *B. assimilis* et pour *B. rugulata* ; 36-216 m. pour *B. nobilis* ; 90-108 m. pour *B. scalaris*. — *B. turricula* a été trouvé vivant sur les côtes de Norvège entre 18 et 234 m. (Mac Andrew), et sur les côtes d'Angleterre entre 3 et 180 m. (Sow.) ; enfin, il existe dans la collection Dautzenberg des exemplaires

recueillis vivants sur le Doggerbank dont la profondeur ne dépasse pas 60 m.

- Admete viridula* FABRIC. Circumpolaire, Groënland, mer de Behring, côtes atlantiques de l'Amérique boréale, côtes de Norvège du Cap Nord à Christiania (Sars), Portugal (Jeffreys) par 1789 m. D. b. 36-540 m. (Sars). V. 186 m. Spitzberg (var. *producta*) S. (D). V. 2-58 m., mer de Kara (G). V. 54-270 m. Finmark (Mac Andrew). » 47-340 m. Varangerfjord (G).
- Buccinum Terræ-novæ* BECK., var. *grandis* W. C. B. et var. α MÖRCH-LÈCHE. Littoral arctique de la Sibérie, mer de Kara, Spitzberg, Groënland, mer de Behring. D. b. 7-1115 m. V. 48 m. Ile Hope (var. *abbreviata*) (D). V. 36-108 m. Spitzberg (Br). » 108 m. N^{lle} Zemle (Br). V. 100 m. Ile St-Lorenz (Br).
- Buccinum hydrophanum* HANC. et var. Circumpolaire, Nord de la Sibérie, mer de Kara, Spitzberg, Groënland, Terre-Neuve, Finmark. D. b. 4-1186 m. (D). V. 393 m. Isfjord (entrée) (D). V. 102 m. Baie Temple (D). V. 430 m. N du Spitzberg (D). V. 9-180 m. mer de Kara (Br).
- Neptunea despecta* L. et var. *carinata* PENN. Circumpolaire, Islande, Groënland, côtes de Norvège, du Finmark à Christiania, côte atlantique de l'Amérique du Nord. D. b. 36-180 m. (Sars). V. 134 m. Varangerfjord (G.). V. 36-180 m. Côtes de Norvège (S).
- Neptunea denselyrata* BR. Cette espèce, d'après M. Dautzenberg, n'est qu'une variété de la précédente; un exemplaire a été trouvé au Nord du Spitzberg par 430 m., mort, mais très frais.
- Volutopsis Norwegica* CH. Circumpolaire, Islande, Groënland, Laponie russe, Nord de la Norvège, Scarborough et Durham (Iles Britanniques), côte orientale de l'Amérique du Nord, Terre-Neuve, mer d'Okhotsk. D. b. 36-1267 m. (D). V. 440 m. Côte Nord de la Norvège (type) (D). V. 650 m. à l'Est de l'Islande (var. *Largillierti* PETIT) (D). V. 430 m. Nord du Spitzberg (même variété) (D). V. 50 m. Teignmouth (Angleterre) (coll. Dautzenberg). V. 50 m. environ (Doggerbank (coll. D.).

- Sipho togatus* Mörch. et var. Kara, du Spitzberg et du Groënland.
Pfaffi Mörch.,
sinuosa W. C. B.,
vallensis W. C. B.
- Sipho brevispira* Brög. (novaspecies). Paraît être une simple variété du précédent ; connu seulement de l'argile à *Yoldia*.
- Sipho islandicus* Cu. Spitzberg, Finmark, Iles Shetland et Hébrides, Angleterre, Doggerbank, golfe de Gascogne, Maroc occidental (1 330 à 1 635 m.), côte atlantique des Etats-Unis.
- Sipho Verkrüzeni* Kob. var. *plicifera* W. C. B. Nord de la Norvège, parages de Terre-Neuve (espèce très rare).
- **Trophon truncatus* Ström. et var. *major* W. C. B. Circumpolaire, Nord de la Sibérie, mer de Kara, Norvège, Danemark, Iles Britanniques (mer d'Irlande), Islande, Groënland, côtes atlantiques de l'Amérique du Nord jusqu'au Massachussets.
- D. b. ?
 V. 102 m. Isfjord (D).
 V. 430 m. N du Spitzberg (D).
 V. 18-180 m., mer de Kara (Br).
- D. b. 36-3 016 m. (D).
 V. 1267 m. Terre-Neuve (D).
 V. 430 m. N du Spitzberg (D).
 V. 88 m. Orcades (D).
 V. 54 m. Shetland (Sow.).
 V. 360-510 m., large de la Corogne (D).
 (un exemplaire).
 V. 90-180 m. Côtes N et NW de la Norvège (S).
 V. 50-60 m. Doggerbank (coll. D).
- D. b. ?
 « Exemplaire mort mais très frais, recueilli à 394 m., entre la Norvège et l'île aux Ours (D).
 V. 36-54 m. Finmark (Br).
- D. b. 4-968 m. (D).
 V. 88 m. Est des Orcades (D).
 » 0-340 m. Varangerfjord (G).
 V. 9-90 m. Norvège (S).
 V. 9-126 m. Groënland (Br).
 » mer d'Irlande (Sow.)
 (faibles profondeurs).
 » 63-216 m. Côtes atlantiques de l'Amérique du N (Jeffreys).

D'après M. Dautzenberg, *T. truncatus* St. et *T. clathratus* L. sont deux formes d'une même espèce.

* <i>Cylichna Rein-</i>	Mer de Kara, Spitzberg, Nor-	D. b. 30-440 m. (D).
<i>hardtii</i> Möll.	vège.	V. 23 m. Varangerfjord
(<i>Cylichna scalp-</i>	Espèce rare.	(G).
<i>ta</i> REEVE) = <i>C.</i>		V. 18-108 m. Finmark
<i>propinqua</i> M.		(S).
SARS d'après		V. 135 m. Iles Behring
Dautzenberg.		(Br).
		V. 324 m. Finmark
		(Lèche).

Ce tableau permet de préciser la distribution bathymétrique et géographique actuelle des espèces de l'argile à *Yoldia*.

1^o Distribution bathymétrique.

Les 26 espèces citées se réduisent à 24, si l'on supprime *Nephtunea denselyrata* et *Sipho brevispira*. Sur ces 24 espèces, 17 au moins ont été trouvées vivantes à des profondeurs supérieures à 200 m.

Chlamys islandica.
Modiolaria nigra.
Portlandia glacialis.
Yoldia hyperborea.
Leda pernula.
Leda minuta.
Nucula tenuis.
Saxicava arctica.
Natica clausa.

Natica pallida.
Bela nobilis.
Admete viridula.
Buccinum hydrophanum.
Volutopsis norwegica.
Sipho togatus.
Sipho islandicus.
Cylichna scalpta.

Quatre espèces ont été trouvées entre 130 et 200 mètres, mais descendent peut-être beaucoup plus bas ; ce sont : *Macoma calcaria*, *Lepeta caeca*, *Neptunea despecta* et *Trophon truncatus*.

Une espèce, *Buccinum Terrænovæ*, a été trouvée à 108 m. ; deux espèces n'ont encore été draguées vivantes qu'à des profondeurs inférieures à 100 m. : *Lyonsia arenosa* à 72 m., *Sipho Verkrüzeni* à 54 m. ; étant donnée la rareté de ces deux espèces, il est impossible actuellement de fixer avec certitude la limite inférieure de leur distribution bathymétrique.

On remarquera que les 5 espèces de l'argile supérieure à *Yoldia* vivent dans les mêmes limites bathymétriques que les autres.

2^o Distribution géographique.

Toutes les espèces ont été trouvées dans les mers arctiques et boréales ; mais un certain nombre d'entre elles vivent également sous des latitudes beaucoup plus basses. En déterminant pour chacune d'elles la température des fonds où elles ont été recueillies et la position géographique des stations correspondantes, on constate que ces espèces font partie de deux groupements très différents.

Le premier groupement comprend 13 espèces qui paraissent ne pouvoir vivre que dans des eaux très froides, dont la température est comprise entre 0° et 5°; elle peut même descendre un peu en-dessous de zéro (fonds de la mer de Kara, Groënland).

Chlamys islandica.
Portlandia glacialis.
Yoldia hyperborea.
Lyonsia arenosa.
Natica clausa.
Bela nobilis.
Admete viridula.

Buccinum Terrænovæ.
Buccinum hydrophanum.
Neptunea despecta.
Sipho togatus.
Sipho Verkrüzeni.
Cylichna scalpta.

Ces espèces, jusqu'à présent du moins, n'ont été trouvées vivantes que dans les mers polaires. Mais, si l'on tient compte de la grande étendue de la distribution bathymétrique de quelques-unes de ces espèces, on peut considérer comme très probable que des dragages plus nombreux permettront de constater leur existence à des latitudes plus basses et à des profondeurs d'autant plus grandes qu'elles seront recueillies dans des stations plus éloignées de leur habitat polaire.

En ce qui concerne *Chl. islandica*, il me paraît utile de rappeler que cette espèce a vécu dans la Méditerranée pendant une partie du Quaternaire (lignes de Rivage de 100 m. et peut-être de 148 m.), à une époque où la température de cette mer intérieure devait être un peu plus élevée; il est donc possible que l'on en trouve un jour des spécimens vivants à des profondeurs de 3-400 m. et plus, notamment dans le golfe de Gascogne, où la température à 1 000 m. est encore supérieure à 9°; dans ce cas, on serait nécessairement amené à classer cette espèce dans le deuxième groupement.

Le deuxième groupement comprend onze espèces qui habitent avec les précédentes dans les mers polaires, mais ont été en outre trouvées dans des mers tempérées et même tropicales, à des profondeurs variables, souvent très faibles et où la température peut s'élever à 13° (Méditerranée), à 18° (Mauritanie), à 23° (mer des Sargasses).

Modiolaria nigra.
Leda pernula.
Leda minuta.
Nucula tenuis (Méditerranée).
Saxicava arctica (Méditerranée,
 cosmopolite).

Macoma calcarea.
Lepetacæca (mer des Sargasses).
Natica pallida.
Volutopsis Norwegica.
Sipho islandicus.
Trophon truncatus.

Il résulte nettement de ce qui précède que l'association dans une même mer des deux groupements d'espèces de l'argile à *Yoldia* exige, comme condition essentielle, que la température de

l'eau soit comprise à très peu près entre 0° et 5°, et sensiblement constante dans ces limites ; si cette condition est remplie, il suffira que la permanence de la température soit réalisée dans une zone assez étendue pour que les espèces y trouvent des fonds appropriés au mode d'existence et aux besoins de chacune d'elles (sable, argile, rochers, plantes marines, etc.) ; leur profondeur pourra, pour la presque totalité des espèces (21 sur 24), atteindre et même dépasser notablement 150 mètres.

L'objection que l'on pourrait être tenté de tirer de la faible profondeur à laquelle vivent les espèces dans la mer de Kara, est facile à réfuter. Cette mer se trouve, en effet, placée dans des conditions exceptionnelles. Les courants atlantiques venant du Sud-Ouest n'y pénètrent pas et n'atteignent même pas la Porte de Kara ; d'autre part la mer y est gelée pendant une grande partie de l'année et les nombreux icebergs qui y circulent pendant l'été en labourent les fonds ; enfin, la température de la surface de la mer est comprise entre 0° et 4°, et elle est à partir de 50 m. environ, inférieure à zéro : — 0°8 à 50 m. et — 1°6 à 100 m. à l'entrée du détroit de Kara. On conçoit que pour ces diverses raisons les espèces n'aient pu se développer qu'au voisinage de la côte, dans la zone comprise entre la surface gelée et celle où la température descend en-dessous de zéro. Un petit nombre d'individus seulement vit à des profondeurs plus grandes, qui ne paraissent pas toutefois dépasser 200 m., et probablement sur des points où ils n'ont pas à redouter la formation des glaces de fond : *Portlandia glacialis*, notamment, y a été draguée vivante à 153 mètres.

J'ajouterai que la plupart des espèces qui vivent réunies dans la mer de Kara, à une faible profondeur, sont disséminées à des profondeurs très variables dans les mers voisines et notamment à l'Ouest de la Nouvelle-Zemble, sur la plateformé de la mer de Barentz, où les températures des fonds varient suivant les saisons dans des limites assez étendues, par suite de l'enchevêtrement des courants polaires et équatoriaux. *P. glacialis*, en particulier, n'a été trouvée que dans les fjords du Spitzberg où débouchent de grands glaciers, et elle semble manquer à Jean Mayen, en Islande et sur la côte Ouest du Groënland¹. Sur la côte Est, au contraire, où les températures sont plus basses que dans la mer de Kara, cette même espèce abonde entre 12 et 35 m., et de nombreux individus vivants, ont été dragués à 220 m. dans le fjord François-Joseph situé un peu au Sud ; les deux variétés

1. Aucun exemplaire n'a été dragué pendant l'expédition du Prince de Monaco au Spitzberg, ni pendant celle du Duc d'Orléans dans la mer de Kara.

de cette espèce ont été également trouvées vivantes entre 130 et 200 m.

On ne peut donc déduire du fait de la réunion à une faible profondeur, dans la mer de Kara, des espèces caractéristiques de l'argile à *Yoldia*, aucune conclusion au sujet de leur distribution bathymétrique normale.

Le groupement de ces espèces n'a pas été, il est vrai, constaté sur les côtes occidentales de la Norvège ; mais cette absence est due simplement à cette circonstance que la température de la mer jusqu'à 200 m. de profondeur, ne s'abaisse pas en-dessous de 5° aux Lofoten, et de 7° à la latitude de Bergen. Or, il a dû en être tout autrement pendant le Post-Pliocène, où la submersion de la Norvège a atteint, et peut-être dépassé 250 m. A cette époque, comme je l'ai indiqué¹, les communications entre l'Atlantique et les mers polaires étant très restreintes, l'action des courants chauds était limitée à une zone superficielle, et cette situation a duré jusqu'à la ligne de rivage de 18 m. ; l'influence des courants polaires a donc été prépondérante, et comme, en outre, les glaciers couvraient la Norvège, il est évident que, conformément aux lois de la circulation océanique, la température de la mer le long des côtes, notamment à l'entrée du fjord de Christiania, a dû être sensiblement plus basse qu'à l'époque actuelle, du moins à partir d'une certaine profondeur. On conçoit que, dans ces conditions, la faune à *Yoldia* ait pu se développer à des profondeurs de 100, et même 200 m., et l'on s'explique en même temps, qu'elle soit constituée par la réunion en nombre presque égal d'espèces polaires, amenées par les courants froids, et d'espèces qui vivaient dans des eaux plus chaudes, mais qui ont pu s'adapter rapidement aux conditions du nouveau milieu.

Je ferai remarquer en terminant que l'objection que l'on pourrait tirer de l'existence dans l'argile à *Yoldia* de 2 ou 3 espèces qui n'ont encore été signalées vivantes qu'à de faibles profondeurs est facile à réfuter. Pendant l'expédition de 1907, on a fréquemment constaté la présence sur la banquise de la mer de Kara de mollusques vivants, dont une espèce au moins, *Mytilus edulis*, vit dans des eaux très peu profondes ; il est évident que pendant le trajet de la banquise vers l'Ouest, ces mollusques ont pu être précipités dans les profondeurs de la mer de Barentz et même dans les abîmes de 3-4 000 m. qui la limitent dans cette direction. D'autre part, Binney a signalé la présence fréquente dans l'esto-

1. Faune de la ligne de Rivage de 148 m. en Algérie. *B.S.G.F.*, (4), XXII, p. 161.

15 janvier 1924.

Bull. Soc. géol. Fr. (4) XXIII. — 12

mac des Poissons pêchés à Halifax ou sur le banc de Terre-Neuve, de mollusques souvent en parfait état, appartenant à des genres très variés : *Yoldia*, *Nucula*, *Cyprina*, *Cardium*, *Lepeta*, *Bela*, etc. Enfin le transport des mollusques marins par les bois flottants, les plantes marines, les pagures, etc., peut être observé dans toutes les mers. Il n'est donc pas douteux que la présence accidentelle à de grandes profondeurs de coquilles mortes appartenant à des espèces qui vivent à des profondeurs beaucoup plus faibles, est un fait normal, et, on doit également en conclure que l'hypothèse d'un soulèvement de 2600 m. du fond des mers polaires à l'époque du maximum d'extension des glaciers scandinaves n'est pas justifiée. Cette hypothèse n'est basée, en effet, que sur la présence, dans les grandes profondeurs au Sud et à l'Ouest du Spitzberg, et entre l'Islande et Jean Mayen, d'un certain nombre de représentants subfossiles de la faune de l'argile à *Yoldia*, parmi lesquels je citerai : *Chlamys islandica*, *Portlandia glacialis*, *Trophon truncatus* et *Lyonsia arenosa*.

En résumé, l'interprétation des phénomènes quaternaires de la Scandinavie, basée essentiellement sur la faible profondeur (10-30 m.) de la mer dans laquelle s'est déposée la faune de l'argile à *Yoldia*, soulève de sérieuses objections qui semblent devoir la faire rejeter. Les dragages anciens et récents montrent nettement que si les mollusques de cette faune habitent tous actuellement dans les mers de l'extrême nord, près de la moitié d'entre eux habite également dans des mers tempérées ou même chaudes; en outre, presque tous ont été trouvés vivants à des profondeurs supérieures à 130 et même à 200 m.; la seule condition nécessaire pour leur association dans un même milieu, c'est que la température de ce milieu soit comprise à très peu près entre 0° et 5°. Leur groupement actuel dans la mer de Kara, entre 10 et 30 m. est dû incontestablement à des circonstances locales et exceptionnelles, et la conclusion que l'on a tirée de leur distribution bathymétrique ne peut, *à priori*, être étendue à des groupements identiques, mais plus anciens, trouvés à des latitudes beaucoup plus basses, où les eaux des courants polaires devaient descendre à des profondeurs de plus en plus grandes, à mesure qu'elles s'éloignaient du pôle.

Il y aurait dès lors intérêt à rechercher si une autre théorie, basée sur les indications fournies par les explorations récentes et sur les conclusions que l'on est en droit d'en tirer, ne pourrait pas expliquer d'une façon plus satisfaisante, la succession des phénomènes observés.

Pendant les excursions que j'ai faites dans le Nord de l'Europe, au Canada et aux États-Unis, j'ai partout été frappé de la concordance qui paraissait exister entre les altitudes de quelques-unes des lignes de Rivage signalées dans ces régions, et de celles constatées dans la Méditerranée et sur les côtes océaniques de France. Je crois notamment avoir retrouvé une partie des niveaux inférieurs à Tromsö, au Spitzberg, à Montréal, et sur les côtes du Pacifique en Californie et à Vancouver ; il m'a même semblé que la mer avait laissé en Norvège des traces de son action jusqu'à près de 320 m. (Narvik) ¹.

Je serais donc disposé à admettre que les oscillations de la ligne de Rivage se sont succédé dans le Nord de l'Europe et de l'Amérique dans le même ordre et avec le même rythme que dans la Méditerranée. La vérification de cette hypothèse exigerait malheureusement de longues et patientes recherches, qui ne seront possibles que lorsque l'on pourra disposer partout de levés topographiques à grande échelle ; elles présentent, d'ailleurs, des difficultés spéciales dans les pays où les glaciers ont séjourné longtemps et ont pu détruire ou recouvrir les traces des anciennes plages et terrasses.

En terminant, je tiens à exprimer tous mes remerciements à notre confrère M. Dautzenberg, qui a bien voulu revoir les données d'ordre malacologique concernant les espèces citées, et me communiquer les renseignements qu'il possédait sur leur distribution géographique et bathymétrique.

1. Il n'est pas inutile de rappeler ici que le Rapport de progrès de la Commission géolog. du Canada, paru en 1865, a signalé la présence dans la baie Murray de quatre terrasses marines situées à 9 m., 30 m., 55 m., 99 m. (Voir ma note de 1901. *B.S.G.F.*, (4), I, p. 307).

LES PHOSPHATES DU MAROC

I. STRATIGRAPHIE ET PÉTROGRAPHIE DE LA RÉGION DES OULED ABDOUN (MAROC CENTRAL)

PAR **L. Joleaud**¹.

PLANCHE VIII

Grâce à l'amabilité de notre collègue M. A. Beaugé, directeur général de l'Office chérifien des phosphates, j'ai pu visiter en détail, au cours de mon dernier voyage au Maroc, la région s'étendant à l'Ouest d'Oued Zem, et notamment la mine de Bou Djniba, où j'ai reçu le meilleur accueil du directeur, M. de Sainte-Marie. Je remercie vivement ces Messieurs, qui m'ont ainsi assuré la possibilité de faire des observations géologiques sur les confins de la Chaouia et du pays des Zaer.

SITUATION GÉOGRAPHIQUE. — Lorsque l'on se rend de Casa-blanca à la gaada d'Oued Zem, on s'élève jusque vers l'altitude de 900 m. par une série de gradins : le premier, de 20 km. de largeur, est marqué par la plaine quaternaire voisine du littoral, le *Sahel* sablonneux (rmel) ; le second correspond, sur une profondeur de 30 km., au plateau néogène de 200 m. de hauteur moyenne, l'*Outa*, aux terres noires (tir) ou rouges (hamri) ; le troisième, beaucoup plus étendu, est formé par la vaste nappe des calcaires crétacés et éocènes de la gaada d'Oued Zem, dont les couches successives, presque rigoureusement horizontales et s'étaguant de 300 à 900 m., constituent le Haut Plateau ou *Alou*. L'alignement de la falaise actuelle de Settât, à la limite de l'*Outa* et de l'*Alou*, a joué un rôle important au cours de longues périodes géologiques : au Crétacé moyen et supérieur, il marquait le rivage entre la terre émergée du Nord-Ouest (Meseta) et la mer du Sud-Est ou Mer des phosphates ; au Néogène, une nouvelle côte s'y établissait entre le continent marocain du Sud-Est et l'Océan Atlantique du Nord-Ouest, sans doute par inversion dans l'altitude relative des deux compartiments que limite la faille jalonnée par la falaise moderne.

1. Note présentée à la séance du 19 mars 1923.

SITUATION STRATIGRAPHIQUE. — Dans l'épaisse série de calcaires atteignant peut-être 200 m. de puissance, qui s'étagent de Boucheron à Oued Zem, M. Beaugé a repéré deux horizons dont je lui ai déterminé quelques fossiles en 1921. Le plus inférieur de ces niveaux fossilifères est remarquable par ses calcaires jaunes, très durs, où abondent les Mollusques, les Échinides, les Polypiers ; j'y ai trouvé l'été dernier *Acanthoceras rhotomagensis*, une Ammonite qui confirme l'âge cénomanien de cette formation ; l'autre horizon également calcaire renferme de très nombreuses Thersitées (*Hermithersitea maroccana* SAV.) et des Nautilites de très grande taille. La zone exploitée à la mine de Bou Djniba et dite « couche 1 » est située à 30 m. environ sous la dalle à Thersitées et à 75 m. sur le banc à fossiles cénomaniens.

L'ensemble des dépôts où s'intercalent les 4 assises phosphatées, mesure environ 20 m. L'assise supérieure ou couche 1 a fourni de nombreuses dents de Poissons, dont j'ai vu une jolie série à la mine : ce sont des dents d'espèces éocènes où dominant *Lamna (Otodus) obliquus* AG. et *Odontaspis cuspidata* AG. var. *Hopei* AG., avec des restes de *Dyrosaurus*. Je considère donc l'assise où elles ont été trouvées comme datant du Montien. Aux Ouled Abdoun *Corax pristodontus* AG. et les autres espèces de Squales crétacés existent seulement juste au-dessous des phosphates, dans des marnes jaunes vraisemblablement déjà maestrichtiennes. Au cours des recherches faites immédiatement au Sud de la gaada d'Oued Zem, à El Boroudj, on aurait trouvé des dents de *Corax pristodontus* dans la couche 4, c'est-à-dire dans l'assise de phosphate la plus inférieure, mais cette observation demande à être vérifiée. Pour rencontrer des phosphates sûrement crétacés, daniens et maestrichtiens, il faut s'avancer dans le Maroc sud-occidental, au-delà de l'Oum er Rbia, dans la direction de Mogador. La situation stratigraphique des phosphates du Sud diffère certainement d'ailleurs de celle des phosphates du centre du Moghreb : MM. Beaugé et Lenhardt ont rencontré en effet dans le Maroc méridional un horizon à Thersitées de grande taille et de forme différente de celles d'Oued Zem, à 10 m. seulement au-dessus des phosphates. Les recherches de détail que poursuivent les ingénieurs de l'Office chérifien permettront sans doute dans un avenir prochain d'apporter d'intéressantes et utiles précisions sur l'âge de la série des couches productives dans les différentes régions du Protectorat.

CARACTÈRES STRATIGRAPHIQUES. — La production du phosphate à Bou Djniba, qui a pu atteindre 80 000 tonnes dans les huit

premiers mois de 1922, malgré des conditions particulièrement difficiles, permet déjà de saisir certaines particularités très intéressantes de ce riche gisement. La zone exploitée, partout rigoureusement horizontale, présente des variations notables d'épaisseur et même de teneur. Pratiquement on y distingue un stérile, qui forme en quelque sorte dans la masse des piliers étroits et très allongés, circonscrits par des contours extrêmement irréguliers. Tandis que dans les piliers la teneur en phosphate est en moyenne seulement de 50 %, dans le reste de la couche elle atteint environ 76 %. Ces différences bien accusées ont retenu l'attention des mineurs et diverses explications en ont déjà été proposées. Voici comment cette allure très spéciale du gîte des Ouled Abdoun, qui contraste tout à fait avec celle des gisements algériens et tunisiens aujourd'hui bien connus, m'a paru pouvoir être interprétée.

La zone des phosphates est comprise entre des assises calcaires. A son toit notamment se trouve une barre siliceuse que surmonte une assise marneuse imperméable, puis une assise calcaire. L'épaisseur relative de ces trois strates varie quelque peu d'un point à un autre et souvent il s'y intercale une petite couche phosphatée dite « couche O ». Mais l'intérêt, au point de vue des conditions du gîte, m'a surtout paru se concentrer sur un sédiment rouge, que les mineurs appellent « argile du toit ». C'est en réalité une assise meuble où le carbonate de chaux, coloré par un peu de fer, est mélangé à une très petite quantité d'alumine et à du phosphate de chaux; ce dernier corps constitue souvent 52 à 62 % de l'ensemble de la roche. La base de cette assise dite argileuse est fort irrégulière; elle présente des quantités de filonnets de pénétration dans la masse sous-jacente, parfois même affecte la forme d'inclusions, en un mot se montre comme étant le résultat d'une altération de la partie superficielle de la zone exploitée des phosphates. Cette partie superficielle aurait été longtemps exposée à l'air sous un climat rappelant celui qui règne aujourd'hui dans les régions tropicales. Dans nos pays tempérés, les sédiments dus à des modifications des roches aux affleurements sont colorés par du fer se présentant sous l'aspect d'hydrate jaune ou limonite; dans les contrées tropicales, au contraire, le fer, dans la latérite par exemple, apparaît généralement avec sa forme la moins hydratée, le sesquioxyde rouge ou turgite.

La notion que des phénomènes rappelant, par certains caractères, ceux de la latéralisation, et par d'autres ceux de la décalcification, aient pu ainsi se manifester aussitôt après le dépôt des

phosphates des Ouled Abdoun, se heurtait *a priori* à l'apparente continuité de la sédimentation dans la contrée au cours de la phase de transition du Crétacé au Tertiaire. Mais une observation attentive de l'allure de la couche siliceuse du toit qui surmonte la couche dite argileuse m'a démontré clairement que cette continuité dans la sédimentation n'était qu'apparente.

Les assises dures du toit du phosphate dessinent de très molles ondulations qu'on serait tenté tout d'abord d'attribuer aux mouvements tectoniques qui ont pu affecter la région depuis l'Éocène inférieur. Il arrive parfois cependant que l'amincissement de la couche de phosphate, par suite de l'inclinaison des calcaires du toit se produise assez brusquement pour éveiller l'idée d'un ravinement. De plus l'examen minutieux de la surface de base de l'assise à silex fait voir qu'il ne s'agit pas d'une formation déposée en continuité de sédimentation avec les couches à phosphate. Cette surface dessine une série de bosses et de creux, comme ceux que l'on voit à la partie inférieure d'une strate ayant moulé un fond de lac ou de lagune. Il ne fait aucun doute à mon avis qu'il y a eu émergence entre le dépôt des phosphates et la sédimentation des calcaires à silex.

VARIATIONS DE TENEUR. — Afin d'arriver à quelques précisions sur les conditions de la genèse et principalement de la diagénèse des phosphates du Maroc central, j'ai demandé à M. Beaugé de vouloir bien faire effectuer à mon intention des prélèvements méthodiques à la mine de Bou Djniba ; je tiens à remercier M. de Sainte-Marie qui a eu l'amabilité de procéder lui-même à cette opération. Chaque échantillon, obtenu suivant l'usage des mineurs, par raclage uniforme de la paroi de la galerie, représente la moyenne des caractères des tranches successivement rencontrées. La totalité des prélèvements a été réalisée dans une même galerie sur une longueur de 40 m. environ, de façon à présenter un ensemble procédant des mêmes conditions de dépôt initial et ne se différenciant que par les modifications subies secondairement par les roches.

Voici, d'après les indications que m'a transmises M. Beaugé, les particularités de prélèvement des différents échantillons :

1^{re} série. Saignée de 2 m. de haut dans une masse de phosphate offrant le maximum de constance des caractères : la zone 1 est striée de filets rouges dus à la pénétration de la formation de base du toit (Fig. 1).

2^e série. Saignée de 2 m. 10 de haut dans une région où s'insinue dans la masse des phosphates une pointe de la roche dite

« argile rouge » : dans les zones 5 et 6 la séparation du phosphate et de l'argile n'est pas toujours nette, par suite de la pénétration irrégulière de la roche rouge dans le phosphate ; cepen-

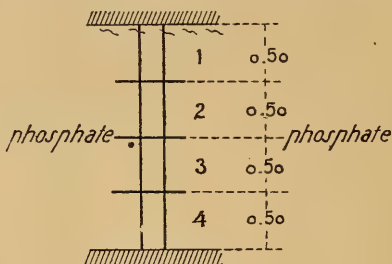


Figure 1

dant la base de la zone 6 marque déjà une tendance à passer au faciès dit argileux ; les zones 7, 9 et 10 forment par contre une transition nette de part et d'autre de la formation rouge ; la zone 8 présente franchement les caractères de l'« argile rouge » et la zone 11 ceux des phosphates exploités (Fig. 2).

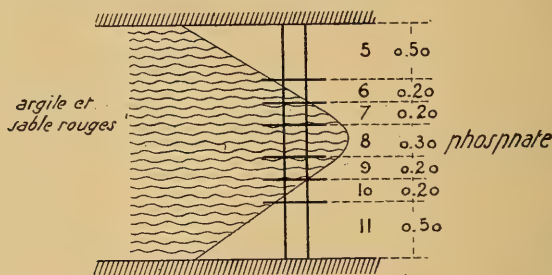


Figure 2

3^e série. Saignée de 2 m. de haut dans une région où s'insinue dans la masse des phosphates une pointe calcaire : aucune limite nette ne sépare les pointes de calcaire compact du phosphate meuble ; ce dernier forme en quelque sorte des poches dans les

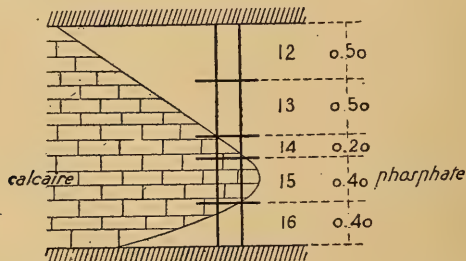


Figure 3

roches de la paroi des galeries vers le contact des deux formations (Fig. 3).

4^e série. Saignée de 2 m. de haut dans une région calcaire : des poches de phosphate meuble s'observent presque partout, même dans les parties les plus massives du calcaire (Fig. 4).

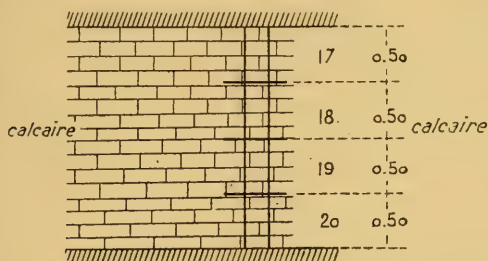


Figure 4

M. Beaugé a bien voulu faire analyser tous les échantillons ainsi prélevés : les teneurs reconnues sont indiquées dans le tableau ci-après :

RÉGION	Zone de prélèvement de l'échantillon.	Pourcentage en phosphate.	Pourcentage en fer et en alumine.	Pourcentage total en phosphate, en fer et en alumine.
phosphatée	1	76,440	0,60	77,040
	2	75,745	0,67	76,415
	3	77,558	0,60	78,158
	4	77,837	0,58	78,417
phosphatée à pointe argileuse	5	77,419	0,60	78,019
	6	72,397	1,46	73,857
	7	70,026	2,05	72,076
	8	66,899	2,20	69,099
	9	70,444	1,75	72,194
	10	75,885	0,64	76,525
	11	75,745	0,63	76,375
phosphatée à pointe calcaire	12	75,606	0,64	76,246
	13	74,350	0,42	74,770
	14	74,629	0,42	75,049
	15	62,214	0,60	62,814
	16	53,705	0,49	54,195
calcaire	17	51,056	0,55	51,606
	18	52,450	0,36	52,810
	19	58,820	0,43	59,250
	20	65,980	0,34	62,320

La moyenne commerciale actuellement obtenue dans le tout venant de la mine, lorsque l'on a simplement retiré les petits rognons calcaires par trommelage, est de 76,30 % en phosphate, avec de 0,60 à 0,80 % de fer et d'alumine.

CARACTÈRES MICROGRAPHIQUES. — L'examen au microscope en lumière naturelle et en lumière polarisée de plaques minces de la série des roches des différents échantillons ainsi recueillis fait voir que l'ensemble présente tous les stades intermédiaires possibles entre les types extrêmes. Ceux-ci correspondent aux zones de prélèvement numéros : 4 (maximum de teneur en phosphate et minimum de teneur en calcaire), 8 (maximum de teneur en fer et alumine), 17 (minimum de teneur en phosphate et maximum de teneur en calcaire) et 20 (minimum de teneur en fer et alumine (Planche VIII).

L'élément qui domine dans la roche est toujours le phosphate de chaux. Il affecte la forme de granules ovoïdes de grosseur variable (0 mm. 2 en moyenne), les uns opaques, les autres plus ou moins transparents, les premiers montrant assez souvent à l'extérieur une mince pellicule translucide. Généralement aucune trace précise de structure organique ne peut y être déterminée avec certitude. Cependant j'ai constaté l'existence tout à fait accidentelle (1 ou 2 cas dans les 20 plaques que j'ai examinées) d'un test de Foraminifère formant le noyau d'un granule de phosphate. Bien plus souvent j'ai observé des restes de Poissons, surtout des productions dermiques (écailles, etc.), offrant en partie ou en totalité une structure cristalline rappelant celle de l'apatite.

Les plaques minces révèlent, en dehors des granules de phosphate et d'une très faible proportion de silice, des quantités variables de calcite : indépendamment de rares débris du squelette d'organismes remaniés et isolés dans la roche meuble comme les grains de phosphate, le carbonate de chaux cristallisé forme dans les parties dites « calcaires », un ciment qui agglomère les granules de phosphate. Ce fait est particulièrement net dans l'échantillon n° 17 par exemple où l'on voit des granules de phosphate enchâssés dans de la calcite. Le ciment de carbonate de chaux est donc postérieur à la formation des granules de phosphate et sa consolidation s'est traduite souvent par la formation de cristaux de calcite. Finalement comme le montre, l'échantillon n° 20, les phénomènes de diagénèse donnent naissance à un ensemble compact de carbonate de chaux enrobant des granules de phosphate. Dans les régions où la roche est ainsi

consolidée, par enrichissement en carbonate de chaux, la densité des grains de phosphate à l'unité de volume paraît sensiblement moindre que dans les zones meubles surtout constituées par du phosphate (comparer les échantillons 4 et 20).

Dans les parties de la roche phosphatée se liant aux zones dites d'« argile rouge », les granules de phosphate ne sont pas soudés les uns aux autres par un ciment compact, mais ils se détachent au microscope sur un fond argileux, restant plus ou moins clair dans son ensemble, mais prenant une couleur noire sur des points où il y a eu concentration relative du fer. La calcite est alors à l'état de tout petits cristaux brillants se détachant sur ce fond mat, cristaux de 0 mm. 01 en moyenne (voir notamment échantillon n° 8).

DIAGÉNÈSE. — L'examen microscopique de la roche phosphatée de Bou Djniba confirme ainsi les déductions que l'on peut tirer d'un examen des lieux, au point de vue des phénomènes de diagénèse qui ont donné au sédiment ses caractères actuels. Originellement on avait à faire à un dépôt marin de granules de phosphate de chaux, auxquels étaient associés, en proportions variables : des débris d'ossements de Vertébrés, cristallisés sous une forme rappelant celle de l'apatite ; des résidus de squelettes d'Invertébrés, transformés en calcite, et, en très faible proportion, de la silice. Des eaux chargées de carbonate de chaux ont consolidé la roche en un phosphate à ciment calcaire ; ces phénomènes de cimentation sont particulièrement bien accusés en profondeur. Vers le haut, au contraire, les granules de phosphate sont toujours restés plus ou moins isolés les uns des autres ou plutôt ont eu leur ciment calcaire interstitiel dissous secondairement, les eaux de circulation souterraine dissolvant le carbonate beaucoup plus facilement que le phosphate et entraînant le carbonate en profondeur, où sa concentration se lie à la cristallisation du ciment.

Dans les parties supérieures on dirait qu'en même temps que se décalcifiait la roche phosphatée, se produisait un tassement des grains de phosphate les uns contre les autres. Par la suite, se seraient infiltrées dans les vides relativement très petits, de faibles quantités d'argile ferrugineuse de couleur rouge, présentant par place des concentrations de fer concrétionné.

Ce sont ces divers phénomènes qui auraient amené la différenciation de la masse phosphatée en zones calcaires à granules de phosphates relativement peu serrés, en zones phosphatées à granules très serrés et en zones phosphatées à granules encore

très serrés mais avec remplissage partiel des vides par une argile ferrugineuse résultant d'une décalcification superficielle.

Tous ces phénomènes se sont répercutés dans la masse rocheuse phosphatée avec une très grande irrégularité, comme le fait s'observe habituellement dans les régions qui ont été le théâtre de phénomènes de dissolution dans les roches calcaires : telle semble être l'origine des contours de forme quelque peu déconcertants qui limitent les pseudo-piliers de calcaires dans le gîte de phosphate des Ouled Abdoun.

Les conditions de la diagénèse de la roche étant ainsi fixées, il resterait à envisager les modalités de la genèse même de la roche : mais par suite de la complexité des modifications secondaires, la détermination exacte de l'origine des phosphates du Maroc central me semble particulièrement difficile à préciser.

GENÈSE. — Quelles ont été les causes initiales de la formation des granules de phosphate et ces granules eux-mêmes ne sont-ils pas déjà des formations secondaires ? L'état actuel des roches de Bou Djniba ne me semble pas permettre une réponse formelle. Si comme il est vraisemblable de l'admettre *a priori*, par analogie avec ce qui a été observé dans les gisements de Tunisie, d'Algérie et du Sénégal, la formation des granules de phosphate se lie à une tendance à la concentration de ce corps autour de tests d'organismes siliceux, la digestion de ceux-ci par le phosphate a été telle dans la roche de Bou Djniba que les caractères de structure des squelettes ne me paraissent plus guère discernables ici dans la plupart des cas.

On sait que L. Cayeux¹ a révélé que les phosphates cohérents du Sud Tunisien étaient formés de granules essentiellement constitués par des carapaces entières ou fragmentées de Diatomées : en raison du caractère minéralogique des squelettes de ces organismes, L. Cayeux considère de tels phosphates comme étant dus à l'épiginée de véritables grumeaux d'une boue à Diatomées déjà cimentée ; au contraire, les phosphates du Crétacé supérieur du Nord de la France et de la Belgique ont eu pour origine une boue à Foraminifères, où le squelette de chaque individu a été le

1. L. CAYEUX. Note préliminaire sur la constitution des phosphates de chaux suessoniens du Sud de la Tunisie. *CR. Ac. Sc.*, t. CXXIII, 27 juillet 1896, p. 273-276. — Sur l'existence de calcaires phosphatés à Diatomées au Sénégal. *Id.*, t. CLI, 4 juillet 1910, p. 108-111. — Introduction à l'étude pétrographique des roches sédimentaires. Texte, p. 326, 328. Atlas, pl. VII, fig. 4, pl. X, fig. 2-5. *Mém. Carte Géol. France*, 1916. — V. aussi J. TEMPÈRE. Note sur les Diatomées contenues dans les phosphates de chaux suessoniens du Sud de la Tunisie. *CR. Ac. Sc.*, t. CXXIV, 15 février 1897, p. 381. — L. PERVINQUIÈRE. Étude géologique de la Tunisie centrale, Paris, in-4°, 1903, notamm. p. 158, 167.

centre d'attraction de la matière phosphatée. Les phosphates de la Tunisie centrale et du département de Constantine (Tebessa, région de Sétif), comme ceux du Sénégal, auraient la même origine que ceux du Sud Tunisien, tandis que le processus de la genèse des phosphates de Boghari (département d'Alger) serait comparable à celui reconnu pour les gisements de la craie à *Belemnitella mucronata* de Péronne (Somme). Bien que les modifications secondaires dues à la phosphatisation rendent en général méconnaissables les caractères de la structure primordiale des grains de phosphate du Maroc, on peut penser que ceux-ci se sont formés à l'origine autour d'organismes siliceux microscopiques, comme le fait se produisit pour les Diatomées du Sud Tunisien et Constantinois.

Les plaques minces des phosphates de Bou Djniba m'ont fait voir une disposition des granules identique à celle déjà observée par L. Cayeux dans les phosphates du Seldja (Gafsa) : les granules phosphatés se sont déformés lorsqu'ils se sont trouvés appliqués les uns contre les autres ou contre des particules plus ou moins cristallisées provenant de squelettes d'organismes. Par conséquent l'agrégat des particules constitutives des grains de phosphate s'est fait *in situ* et il semble bien même que nous voyons fixé par la texture de la roche les différents stades du groupement des particules en grains de phosphate : à côté de grains complètement développés, l'on constate la présence de grains en quelque sorte imparfaits.

Sur les fonds des mers actuelles, il n'a pas encore été trouvé de granules de phosphates isolés : il n'a été dragué que des nodules, formés il est vrai eux-mêmes de granules cimentés les uns avec les autres, le tout étant constitué par du phosphate de chaux et le ciment apparaissant comme le résultat de la pseudomorphose de cristaux de calcite. Les phosphates en nodules se trouvent surtout, d'après L. Cayeux, dans le Dinantien, le Lias, le Crétacé inférieur et moyen, tandis que les phosphates en granules sont surtout sénoniens ou éocènes inférieurs. D'ailleurs le processus de formation des nodules n'est, dans bien des cas, qu'une amplification partielle du mode de genèse des granules. Ceux-ci montrent, dans la nature actuelle, suivant L. W. Collet, comme centre d'attraction du phosphate, tantôt un organisme calcaire (Foraminifère, etc.), dont la calcite a été épigénisée, tantôt simplement des particules d'argile, de glauconie, etc., originellement libres. Les granules des phosphates tunisiens, constantinois et sénégalais ayant eu pour origine un organisme siliceux (Diatomée, quelquefois Radiolaire) se classent en quelque sorte dans un

groupe intermédiaire entre les deux types actuels. ceux-ci sont déjà reconnaissables d'ailleurs dans les formations marines des temps secondaires, phosphates à Foraminifères du Sénonien de la Somme, phosphates ayant pour origine des particules minérales de diverses natures dans le Crétacé moyen des régions subalpines. Il est en somme peu fréquent de voir le phosphate se présenter dans les dépôts géologiques sous un aspect ayant conservé une morphologie d'organisme à squelette renfermant originellement du phosphate (débris osseux de Poissons des phosphates du Maroc, coprolithes de Poissons des phosphates d'Algérie et de Tunisie). Cette rareté relative laisse planer encore bien des incertitudes sur l'origine organique du phosphate des roches sédimentaires.

PALÉOGÉOGRAPHIE. — J'ai déjà insisté à plusieurs reprises sur les conditions géographiques qui avaient dû présider à la genèse des roches phosphatées dans l'Afrique du Nord ¹. Par une étude minutieuse de l'éthologie qui détermine en partie la répartition des Squales dans la nature actuelle, j'ai montré que les dépôts de phosphate où abondent les dents de diverses espèces de cet ordre, ont dû se former entre une ligne de lagunes littorales et la zone des hautes mers. J'ai comparé le milieu où s'étaient accumulés les débris organiques, qui jouèrent incontestablement un rôle important dans la formation de nos dépôts de phosphate, à celui de la côte occidentale d'Afrique, avec ses marigots, ses lagunes littorales, ses larges estuaires, sa barre et ses bancs sous-marins des Canaries, du Cap Blanc et du Cap Vert, célèbres par leurs richesses ichthyologiques. Là, comme au banc des Aiguilles, à l'extrémité sud de l'Afrique, comme au voisinage de Terre-Neuve ou du Japon, des courants chauds heurtent des courants froids. Or c'est précisément dans les zones marines où règnent de telles conditions physiques que se rencontrent aujourd'hui sur les fonds océaniques des concrétions phosphatées : là se manifestent en effet de brusques écarts de température, cause de la mort de très nombreux organismes planctoniques. Dans les cas où, à proximité, existent de vastes lagunes ou de grands estuaires, de rapides changements de salure interviennent aussi comme facteurs de destruction d'êtres vivants. Des quantités innombrables de cadavres provenant du plancton s'accumulent en profondeur sur ces points privilégiés, où ils servent d'attraction et de nour-

1. L. JOLEAUD. Étude géologique de la Chaîne Numidique et des Monts de Constantine. *Thèse Fac. Sc. Paris*, 1912, p. 210, 213-214, 219-224, fig. 3. — Sur l'origine et sur les variations de teneur des phosphates de chaux de l'Algérie et de la Tunisie. *Ass. Franç. Avanc. Sc.*, XLII, Tunis, 1912 (1913), I, p. 94-95.

riture aux Poissons eurythermes, dont l'organisme résiste à ces conditions physiques spéciales. A son tour l'abondance de Poissons mangeurs de plancton fait de ces localités des zones d'afflux pour les animaux carnivores, Squales actuels, Reptiles des temps secondaires et tertiaires : à peu près seules, les dents de ces derniers, protégées par un émail relativement épais, ont résisté aux modifications secondaires considérables subies par les vases déposées sur de tels fonds. L'extraordinaire abondance de Diatomées dans les phosphates de Gafsa et de Tébessa pourrait indiquer aussi un milieu dont certaines parties offraient des eaux relativement froides et de salure plutôt faible : ces conditions physiques, en contradiction apparente avec le caractère subtropical révélé par la faune des Squales, s'expliqueraient par l'influence plus ou moins directe dans une mer chaude d'un courant marin froid, d'une part, de lagunes et d'estuaires très développés, d'autre part.

DISCUSSION

M. **Léon Bertrand** croit devoir attirer l'attention sur le fait qu'on ne doit interpréter qu'avec prudence l'absence de juxtaposition de grains arrondis, tels que ceux des phosphates dont il vient d'être question, dans les préparations en lames minces comme une preuve de l'existence d'un ciment originel, soit conservé, soit ultérieurement disparu ou remplacé par un autre ciment secondaire, suivant les cas. De tels grains arrondis, s'ils étaient primitivement libres et non cimentés, bien que juxtaposés, ne pouvaient naturellement se toucher que suivant des *points de contact*, qui ont beaucoup plus de chances de se trouver en dehors du plan de la préparation que dans ce plan, en sorte que, même dans ce cas, ils doivent très généralement apparaître comme séparés les uns des autres par un écartement notable et variable. Pour qu'on ait réellement la certitude que de tels grains n'étaient pas primitivement en contact les uns avec les autres, il faut donc que cet écartement soit général et, de plus, assez considérable par rapport à la taille des grains en question, dont la forme et les dimensions respectives, s'il en existe de plusieurs tailles, doivent aussi intervenir.

M. **Cayeux** présente les observations suivantes :

1. Les variations de teneur en phosphate de chaux et, notamment, la genèse d'amas moins riches (piliers) sont peut-être le résultat d'une préparation mécanique des éléments phosphatés.

2. Au point de vue bathymétrique, il y a lieu de rappeler que les phosphates de la région de Gafsa ont fourni de grosses Huîtres du groupe de l'*Ostrea edulis*, caractéristiques, en conséquence, de la zone des Laminaires, soit d'une profondeur d'environ 27-28 mètres.

3. Le fait que les phosphates en question, sont susceptibles de fournir des préparations dont tous les grains sont séparés, et non contigus, implique forcément l'existence d'un ciment primordial pour maintenir en place les matériaux.

4. Comme M. Joleaud, M. Cayeux estime que la présence des dents de Squales est un témoignage insuffisant en faveur de la formation des phosphates de chaux aux dépens des Poissons. Mais les débris osseux microscopiques qui font partie intégrante de chaque préparation prouvent à l'évidence qu'une multitude de Poissons ont été mis à contribution. Il rappelle qu'un échantillon exceptionnel de phosphate marocain, qui lui a été remis par M. Gentil, est pétri de fragments de tissus osseux.

EXPLICATION DE LA PLANCHE VIII

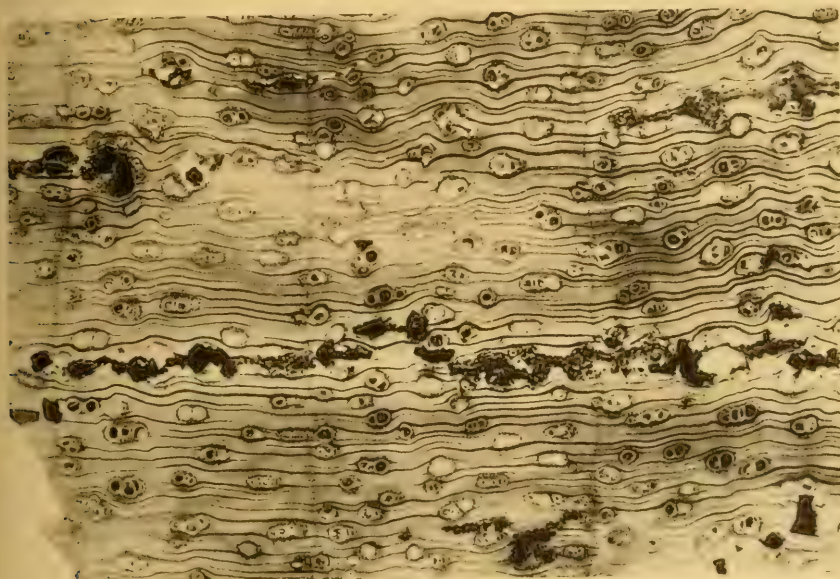
Phototypies de préparations microscopiques, vues en lumière naturelle, des **phosphates des oued Abdoun (Maroc)**.

Les numéros correspondent aux échantillons de différentes zones énumérées dans le texte aux pages 176-177 (n° 4 : région très riche en phosphate ; n° 8 : pointe argileuse dans la région riche en phosphate ; nos 17 et 20 : région des piliers calcaires). — $\times 40$.

NOTE DE Roman Kozlowski

Bull. Soc. géol. de France

S. 4 ; t. XXIII ; pl. V

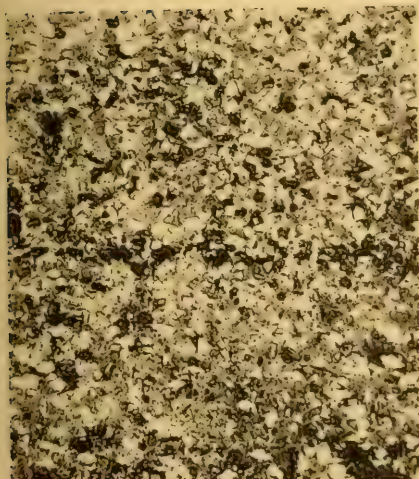


1

× 13

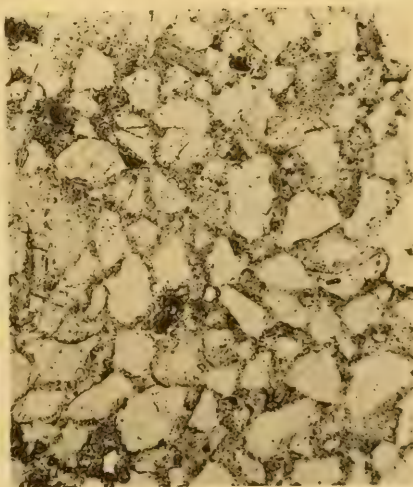
2

× 50



3

× 50





1a



1b



1c



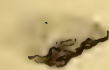
1d



1e



1f



1g



1h



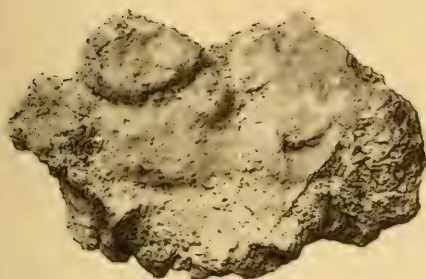
1i



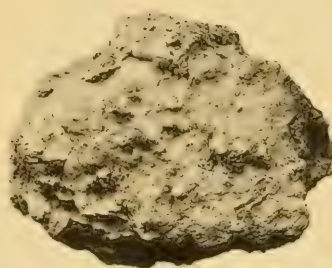
1j



2

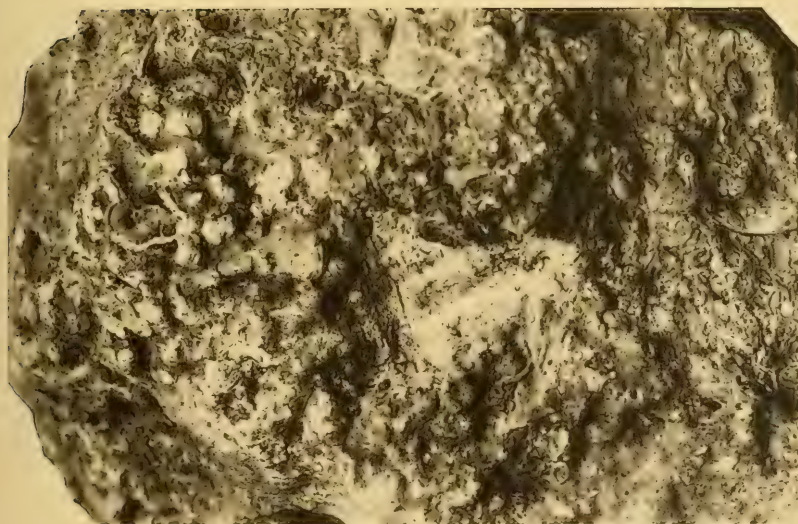


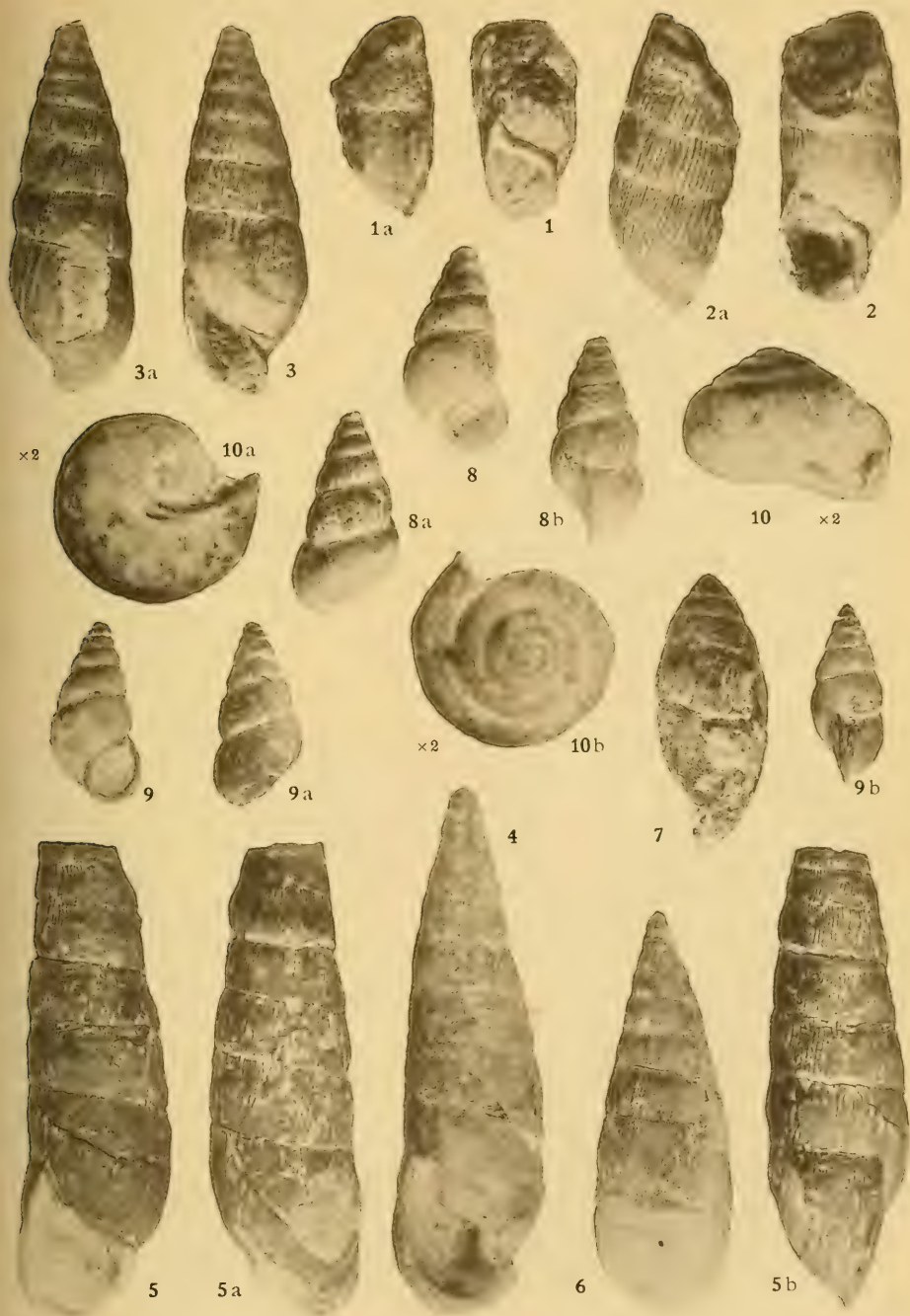
3

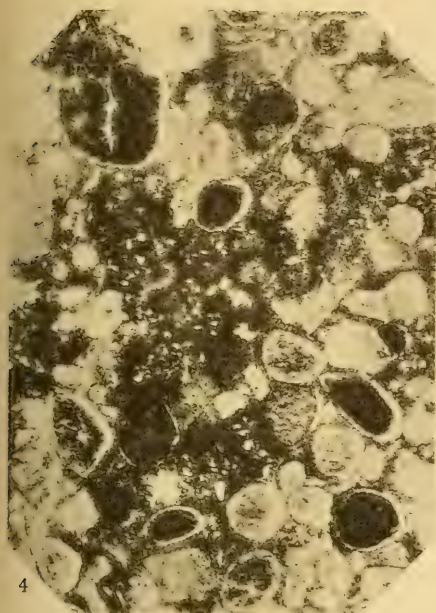


4

5

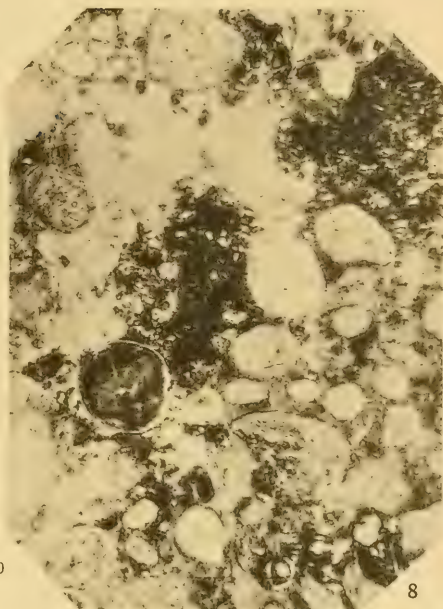




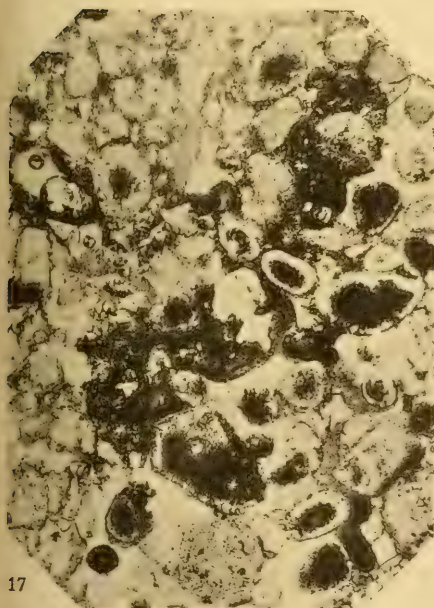


4

× 40

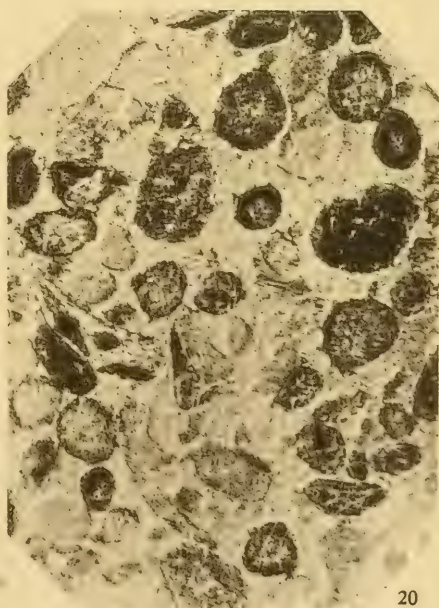


8



17

× 40



20

MÉMOIRES-PALÉONTOLOGIE

Liste des Mémoires qui se vendent isolément :

15. S. STEFANESCU. Etudes sur les terrains tertiaires de la Roumanie; Contribution à l'étude des faunes sarmatique, pontique et levantine. 11 pl., 152 p.....	25 »
19. M. COSSMANN. Contribution à la Paléontologie française des terrains jurassiques (en cours); Gastropodes: Nérinées, 13 pl., 180 p.....	45 »
20. V. POPOVICI-HATZEG. Contribution à l'étude de la faune du Crétacé supérieur de Roumanie; Environs de Campulung et de Sinaia. 2 pl., 22 p.....	12 »
21. R. ZEILLER. Etude sur la flore fossile du bassin houiller d'Héraclée (Asie-Mineure). 6 pl., 91 p.....	50 »
22. P. PALLARY. Sur les Mollusques fossiles terrestres, fluviaux et saumâtres de l'Algérie. 4 pl., 218 p.....	15 »
23. G. SAYN. Les Ammonites pyriteuses des marnes valanginiennes du Sud-Est de la France (en cours). 5 pl., 69 p.....	25 »
24. J. LAMBERT. Les Echinides fossiles de la province de Barcelone. 9 pl., 128 p.....	25 »
25. H.-E. SAUVAGE. Recherches sur les Vertébrés du Kiméridgien supérieur de Fumel (Lot-et-Garonne). 5 pl., 36 p.....	18 »
26. Ch. DÉPÉRET et F. ROMAN. Monographie des Pectinidés néogènes de l'Europe et des régions voisines (1 ^{re} partie: genre <i>Pecten</i>) (en cours). 23 pl., 169 p.....	130 »
27. G. DOLFFUS et Ph. DAUTZENBERG. Conchyliologie du Miocène moyen du Bassin de la Loire; Description des gisements fossilifères; Pélécypodes. 51 pl., 500 p.....	300 »
28. Marcellin BOULE. Le <i>Pachyæna</i> de Vaugirard. 2 pl., 16 p.....	20 »
29. V. PAQUIER. Les Rudistes urgoniens. 13 pl., 102 p.....	40 »
30. Ar. TOUCAS. Etudes sur la classification et l'évolution des Hippurites. 17 pl., 128 p.....	45 »
31. Albert GAUDRY. Fossiles de Patagonie: Dentition de quelques Mammifères. 28 p., 42 fig. dans le texte.....	15 »
32. Paul LEMOINE et Robert DOUVILLÉ. Sur le genre <i>Lepidocyclina</i> Gumbel. 3 pl., 42 p.....	15 »
33. Ferdinand CANU. Les Bryozoaires du Patagonien. Echelle des Bryozoaires pour les Terrains tertiaires. 5 pl., 30 p.....	15 »
34. Charles EASTMAN. Les types de Poissons fossiles du Monte-Bolca au Muséum d'Histoire naturelle de Paris. 5 pl., 32 p.....	15 fr.
35. V. POPOVICI-HATZEG. Les Céphalopodes du jurassique moyen du Mont Strunga (massif de Bucegi, Roumanie). 6 pl., 28 p.....	30 »
36. Ar. TOUCAS. Etudes sur la classification et l'évolution des Radiolitidés. 24 pl., 132 p.....	60 »
37. Edm. PELLAT et M. COSSMANN. Barrémien supérieur à faciès urgonien de Brouzet-lez-Alais (Gard). 9 fig. texte, 6 pl., 42 p.....	20 »
38. Charles JACOB. Etude sur quelques Ammonites du Crétacé moyen. 44 fig., 9 pl., 64 p.....	20 »
39. A. PEZANT. Etude iconographique des Pleurotomes fossiles du Bassin de Paris. 5 pl., 30 p.....	15 »
40. P.-H. FRITEL. Etudes sur les végétaux fossiles de l'étage Sparnacien du Bassin de Paris. 3 pl., 37 p.....	10 »
41. Henri DOUVILLÉ. Etudes sur les Rudistes. Rudistes de Sicile, d'Algérie, d'Egypte, du Liban et de la Perse. 7 pl., 84 p.....	20 »
42. Léon PERVINQUIÈRE. Sur quelques Ammonites du Crétacé algérien. 7 pl., 86 p.....	20 »
43. Robert DOUVILLÉ. Céphalopodes argentins. 3 pl., 24 p.....	15 »
44. Gustave F. DOLFFUS. Les coquilles du Quaternaire marin du Sénégal. Introduction géologique par A. DREIMS. 4 fig., 4 pl., 72 p.....	16 »
45. Robert DOUVILLÉ. Etude sur les Cardiocératidés de Dives, Villers-sur-Mer et quelques autres gisements. 84 fig., 5 pl., 77 p.....	25 »
46. Maurice COSSMANN. Contribution à la paléontologie française des terrains jurassiques (voir mém., nos 14, 19); <i>Cerithiacea</i> et <i>Loxonematacea</i> , 11 pl., 264 p.....	150 »
47. Lucien MORELLET et Jean MORELLET. Les Dasycladacés du Tertiaire parisien. 24 fig., 3 pl., 43 p.....	10 »
48. Robert DOUVILLÉ. Etudes sur les Oppéliidés de Dives et Villers-sur-Mer. 31 fig., 2 pl., 26 p.....	15 »

49-50. F. PRIEM. Sur des Poissons fossiles et en particulier des Siluridés du Tertiaire supérieur et des couches récentes d'Afrique (Egypte et région du Tchad). — Sur des Poissons fossiles des terrains tertiaires d'eau douce et d'eau saumâtre de France et de Suisse. 9 pl., 30 p.	20
51. P. DE BRUN, C. CHATELET et M. COSSMANN. Le Barrémien supérieur à faciès urgonien de Brouzet-lez-Alais (Gard) (v. mém. n° 37). 4 fig., 5 pl., 56 p.	15
52. Henri DOUVILLÉ. Le Barrémien supérieur de Brouzet. 20 p., 4 pl.	15
53. J. REPELIN. Monographie du genre <i>Lychnus</i> . 23 p., 6 pl.	15
54. J. MONESTIER. Ammonites rares ou peu connues et Ammonites nouvelles du Toarcien supérieur du Sud-Est de l'Aveyron. 44 p., 4 pl.	15
55. Maurice COSSMANN. Synopsis illustré des Mollusques de l'Eocène et de l'Oligocène en Aquitaine. 220 p., 15 pl.	70
56. J. LEWINSKI. Monographie géologique et paléontologique du Bononien de la Pologne. 110 p., 11 pl.	50
57. F. ROMAN. Monographie de la faune des Mammifères de Mormoiron (<i>Vaucluse</i>) <i>Ludien supérieur</i> . 8 pl., 40 p.	25
58. L. et J. MORELLET. Nouvelle contribution à l'étude des Dasycladacées tertiaires. 37 p., 2 pl.	15
59. A. BORISSIAK. Sur un nouveau représentant des Rhinocéros gigantesques de l'Oligocène d'Asie, <i>Indricotherium asiaticum</i> n. g., n. sp., 16 p., 3 pl.	5

TABLE DES MATIÈRES (TOME XXIII, FASCICULE 3-4)

	Pages
Roman Kolowski. — A propos de l'âge du soulèvement de la Cordillère de Bolivie (2 fig., pl. V).	57
M^{me} Paul Lemoine. — Contribution à l'étude des Corallinacées fossiles, VI. Les Mélobésiées du Calcaire pisolithique du Bassin de Paris (9 fig., pl. VI).	62
F. Blanchet. — La faune du Tithonique inférieur des régions subalpines et ses rapports avec celle du Jura franconien.	70
Jacques de Lapparent. — Les brèches sédimentaires et les brèches de friction dans les terrains à l'embouchure de la Bidassoa.	81
J. de Morgan. — Les temps glaciaires et leur influence sur l'humanité.	84
E. Fournier et P. W. Stuart-Menteath. — Sur la géologie de la mine de San-Narciso (Massif de la Haya) et la tectonique des Pyrénées basques).	102
P. de Brun et C. Chatelet. — Sur la découverte du Bartonien sur le revers nord des Alpilles (Bouches-du-Rhône) (3 fig.).	109
F. Roman. — Revision de quelques espèces de Mollusques continentaux de l'Eocène du Midi de la France (10 fig., pl. VII).	113
P. Russo. — La contribution du massif montagneux du Takroumet et les sources du Figuig (Maroc sud-oriental) (2 fig., 1 carte).	123
Paul Jodot. — Faune bajocienne du djebel Mahsseur, près d'Oudjd (Maroc oriental).	132
P. Læwinson-Lessing. — Note sur les provinces pétrographiques de la Russie.	142
G^{al} de Lamothe. — Observations sur la distribution dans les mers actuelles, des Mollusques de l'Argile à <i>Yoldia</i> des environs de Christiania.	158
L. Joleaud. — Les phosphates du Maroc : I. Stratigraphie et pétrographie de la région des Ouled Abdoun (Maroc central) (4 fig., pl. VIII). — Observations de MM. Léon Bertrand et L. Cayeux.	

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE
DE FRANCE

CETTE SOCIÉTÉ, FONDÉE LE 17 MARS 1830,
A ÉTÉ AUTORISÉE ET RECONNUE COMME ÉTABLISSEMENT D'UTILITÉ PUBLIQUE
PAR ORDONNANCE DU 3 AVRIL 1832.

QUATRIÈME SÉRIE

TOME VINGT-TROISIÈME

FASCICULE 5-6.

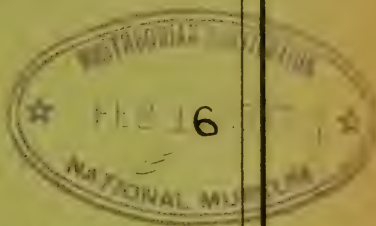
Feuilles 13-20*. — Planche IX.

19 figures et cartes dans le texte.

PARIS
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE
28, rue Serpente, VI

COMPTE DE CHÈQUES POSTAUX PARIS, N^o 173-72

1924



EXTRAITS DU RÈGLEMENT DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE

Cotisation : 50 fr. par an

Membres à vie : 1000 fr. — Membres perpétuels : 2000 fr.

ART. 2. — L'objet de la Société est de concourir à l'avancement de la Géologie en général et particulièrement de faire connaître le sol de la France, tant en lui-même que dans ses rapports avec les Arts industriels et l'Agriculture.

ART. 3. — Le nombre des membres de la Société est illimité. Les Français et les Etrangers peuvent également en faire partie. Il n'existe aucune distinction entre les membres.

ART. 4. — Pour faire partie de la Société, il faut s'être fait présenter dans une de ses séances par deux membres qui auront signé la présentation et avoir été proclamé dans la séance suivante par le Président.

ART. 42. — Pour assister aux séances, les personnes étrangères à la Société doivent être présentées chaque fois par un de ses membres.

ART. 46. — Aucune communication ou discussion ne peut avoir lieu sur des objets étrangers à la Géologie ou aux sciences qui s'y rattachent.

ART. 48. — Chaque année, de juillet à novembre, la Société tiendra une ou plusieurs séances extraordinaires sur un point qui aura été préalablement déterminé.

ART. 53. — Un Bulletin périodique des travaux de la Société est délivré gratuitement à chaque membre.

ART. 54. — La Société publie en outre des *Mémoires*, qui ne sont pas distribués gratuitement aux membres.

ART. 55. — Tous les travaux destinés à l'impression doivent être inédits et avoir été présentés à une séance.

ART. 75. — Les auteurs peuvent faire faire à leurs frais, en passant par l'intermédiaire du Secrétariat, un tirage à part des communications insérées au Bulletin.

ART. 94. — Les ouvrages, conservés dans la Bibliothèque de la Société, peuvent être empruntés par les membres... (*Service des prêts*).

1. Les personnes désirant faire partie de la Société et ne connaissant aucun membre pour les présenter peuvent adresser une demande au Secrétariat, en exposant les titres qui justifient de leur admission.

TABLEAU DES SEANCES EN 1924

Les séances ont lieu les Lundis à 16 heures 30, aux dates suivantes :

JANVIER	FÉVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	NOVEMBRE	DÉCEMBRE
7	4	3	7	5	2	3	1
21	18	17	28	19	23	17	15

SUR QUELQUES PARTICULARITÉS DE LA STRUCTURE
DU PAYS BASQUE ESPAGNOL ET SUR LE CARACTÈRE
TECTONIQUE DE LA RÉGION

PAR **P. Lamare** ¹.

L'étude détaillée du Pays Basque prouve que les nappes de charriage pyrénéennes y présentent des caractères très particuliers, et l'individualité de cette région est assez accusée pour que l'on puisse à juste titre parler d'un style tectonique qui lui est propre, comme l'a fait P. Viennot en ce qui concerne la nappe du Labourd². J'ai l'intention de montrer dans cette note que la continuité du Guipuzcoa avec le Labourd est tout à fait frappante, et que c'est bien de toute la partie occidentale des Pyrénées que ce style tectonique est caractéristique : le trait le plus remarquable est l'existence, entre les grands massifs primaires et le flysch crétacé, de vastes zones mylonitiques comprenant des paquets énormes de roches d'âges très divers, mêlées de la façon la plus chaotique : schistes, quartzites, grauwackes, lydiennes et marbres primaires ; poudingues, quartzites, argiles bariolées et ophites triasiques ; calcaires jurassiques fossilifères ; poudingues, grès, quartzites et schistes du Crétacé inférieur ; marbres céno-maniens ; à cette liste, il faut ajouter dans certains cas le granite et les schistes cristallins.

Ces différentes couches se présentent souvent en écailles importantes, confondues par les observateurs qui se sont contentés de relever des coupes au lieu de suivre attentivement les contours, avec des niveaux stratigraphiques véritables ; fréquemment aussi, elles sont à l'état de lames très minces et de lentilles que l'on voit apparaître et disparaître sur quelques mètres d'épaisseur. Vues sur un très faible espace, dans une petite tranchée, ces lentilles ont l'aspect de filons : c'est ainsi que l'on a pu parler de filons d'ophite ou de granite au milieu du Crétacé : — granite des environs de Labassère et d'Ordizan près Bagnères-de-Bigorre, considéré comme probablement crétacé sur la feuille de Tarbes, et dont P. Viennot vient de rétablir l'iden-

1. Note présentée à la séance du 25 juin 1923.

2. P. VIENNOT. La nappe du Labourd, pays basque français. *CR. Ac. Sc.*, t. 176, p. 1234, séance du 30 avril 1923.

5 février 1924.

Bull. Soc. géol. Fr. (4) XXIII. — 13

tité véritable ¹. — granite de la Haya, qui, d'après M. Stuart-Menteath se trouverait dans certains cas en filons au milieu des schistes crétacés : mais la véritable nature de tels filons ne peut être mise en doute, quand on considère, non seulement l'absence de tout métamorphisme de contact, mais encore le fait que, réciproquement, le Crétacé forme des « filons » identiques dans le granite : « Au beau milieu des terrains paléozoïques, écrit M. Stuart-Menteath, et même du granite, il existe des lambeaux de terrain crétacé et triasique, qu'on pourrait dans certains cas désigner assez justement par les expressions de filons ou de dykes. Ce phénomène se présente assez souvent, et j'ai pu dans chacun des cas reconnaître son origine dans les plis aigus de la stratification, ou dans les failles importantes » ².

L'ophite se présente exactement dans les mêmes conditions : « Les ophites accompagnent des failles ou des bouleversements singuliers des couches. Non seulement j'ai trouvé nombre d'ophites entre les parois de failles que j'avais déjà reconnues par d'autres indices, mais j'ai pu m'assurer que d'autres failles existaient là où j'avais trouvé des ophites. D'ailleurs les brèches ophitiques fournissent une confirmation curieuse de cette vérité. Ces brèches, formées de fragments de roches environnantes plus ou moins mêlées de fragments d'ophite, présentent tous les passages depuis une simple brèche de friction sans ophite jusqu'à une masse compacte de roche ophitique typique, en passant par des stades intermédiaires où les fragments d'ophite deviennent de plus en plus abondants..... Des brèches semblables accompagnent le granite..... Les glissements, mis en relief par M. Lory comme phénomène saillant de l'histoire des Alpes, sont très clairement applicables à l'explication des brèches ou magmas qui se présentent entre les roches paléozoïques et les grands lambeaux de terrains secondaires qui les traversent, et qui passent graduellement de l'état de grandes vallées synclinales remplies de roches crétacées ou jurassiques à l'état de véritables filons de roches crétacées fossilifères et même sur certains points à de simples failles où rien ne reste que des filons d'ophite ou bien de marbre crétacé » ³. J'insiste à dessein sur les faits cités par un observateur qui n'est certes pas suspect de trouver de parti pris des preuves à l'appui de l'existence des nappes, parce que

1. P. VIENNOT. Sur la tectonique de la région de Bagnères-de-Bigorre et de Lourdes. *CR. Ac. Sc.*, t. 175, p. 1156, s. du 4 déc. 1922.

2. P. W. STUART-MENTEATH. Note préliminaire sur les gisements métallifères des Pyrénées occidentales. *B.S.G.F.*, (3), XIV, 1885-86, pp. 587-607.

3. *Ibid.*, pp. 594 et 597.

les termes même qu'il emploie établissent la plus parfaite certitude de leur réalité.

Passons maintenant à la description sommaire de ce que nous avons relevé nous-même dans cette région, et examinons ce que l'on observe au contact du flysch : 1° en bordure du massif de la Haya ; 2° entre le massif Rhune-Haya et le massif Ibantelly-Biandiz-Urdaburu-Adarra, c'est-à-dire dans la fenêtre de Vera ; 3° en bordure du massif Urdaburu-Adarra, c'est-à-dire dans les environs d'Hernani.

Cependant, avant d'entrer dans le détail de cette étude, remarquons qu'en ce qui concerne les massifs primaires, un premier problème se présente à résoudre : la distinction entre la part qui revient aux plissements hercyniens et celle qui appartient aux mouvements pyrénéens. Il existe un critérium, qui nous est fourni par l'étude des plis des poudingues et quartzites triasiques (ou permo-triasiques) qui, comme on le sait, recouvrent transgressivement le Primaire dans la partie occidentale des Pyrénées. Or, fait tout à fait notable, ces couches ne présentent dans l'intérieur même des massifs, que des *ondulations faibles*, à grand rayon de courbure.

Il en va tout autrement sur la bordure des massifs : les bancs de quartzites triasiques, brusquement ployés, se cassent en plusieurs écaillés, souvent renversées sur le Crétacé : dans ces écaillés, les schistes carbonifères et les argiles bariolées avec ophite — parfois aussi le granite — se mêlent aux quartzites de telle façon qu'il y a, entre la tranquillité de l'intérieur des massifs et le chaos de la bordure, le contraste le plus frappant.

BORDURE DU MASSIF DE LA HAYA. — Entre Biriadou et Oyarzun, la superposition au flysch de la zone mylonitique polygénique (c'est ainsi que je désignerai la zone mylonitique très particulière dont j'ai décrit les caractères généraux dans ce qui précède) est particulièrement nette dans les régions de San-Marcial et de San-Narciso.

Dans la hauteur de San-Marcial, la mylonite est essentiellement formée de schistes carbonifères et d'argiles triasiques¹. Elle comprend également une lentille isolée de poudingues et quartzites triasiques, sur laquelle a été bâti l'ermitage de San-Marcial.

Sur le versant de la Bidassoa, le Crétacé qui se trouve sous

1. JACQUES DE LAPPARENT. Les brèches sédimentaires et les brèches de friction dans les terrains à l'embouchure de la Bidassoa. *B. S. G. F.*, (4), XXIII, 1923.

le Primaire n'affleure qu'en un tout petit lambeau, à Cantera ¹ ; mais, sur le bord sud de la colline de San-Marcial, le flysch est exploité dans une série de vastes carrières et son identité ne fait aucun doute.

Quant au petit massif de San-Narciso, il est un prolongement vers le Nord-Ouest de la zone mylonitique polygénique de bordure du massif de la Haya, mais il en est séparé par une bande de flysch qui apparaît à la faveur d'un repli de la nappe. Il correspond à un enfoncement de la zone mylonitique vers le Sud-Ouest : alors qu'à San-Marcial la surface de charriage est à une centaine de mètres au-dessus du niveau de la mer, elle n'est plus qu'à 30 m. à Alchu, où affleure un tout petit lambeau isolé de mylonite de schistes paléozoïques. A la mine de San-Narciso, on l'a retrouvé à 400 m. de profondeur.

L'étude de la petite bande de flysch est particulièrement instructive : on voit l'affleurement de ce dernier s'amincir peu à peu vers le Sud-Ouest, tandis que les calcaires et schistes dont il est formé passent à des calcschistes de plus en plus laminés ².

Au point extrême où j'ai pu l'observer, la bande crétacée n'a plus que 1 m. de large et se trouve enfermée au milieu d'un complexe de lentilles de schistes paléozoïques, poudingues triasiques et grès albiens.

Ce que je viens de dire de la bordure du massif de la Haya s'applique également à celle du massif de la Rhune, qui fait d'ailleurs partie de la même unité tectonique ³. Sans vouloir anticiper sur les travaux qui seront faits ultérieurement sur cette région, je puis déjà signaler que le contact du Flysch entre Saint-Pé-sur-Nivelle et Biriadou présente exactement les mêmes caractères qu'entre Biriadou et Oyarzun.

1. Ce lambeau, situé près du km. 36 de la route d'Irun à Vera, et difficile à trouver, m'a été obligeamment signalé par M. Dallemagne-Paulin : la roche est un calcaire schisteux probablement crétacé, mais qui pourrait toutefois être aussi jurassique.

2. Ce laminage progressif du flysch, que j'ai retrouvé en de nombreux points au contact des massifs primaires, est intéressant à suivre en détail : les échantillons que l'on casse montrent sur la tranche de très fines arêtes coupantes.

3. Dans la vallée de la Bidassoa, la zone mylonitique polygénique est bien développée, et le mélange des ophites et des argiles bariolées aux schistes albiens et carbonifères est très net ; mais la superposition de cette zone mylonitique au flysch n'est pas bien visible : par contre, à 800 m. au NE du lieu-dit Maritchu, le contact est aisément observable. En ce point, la mylonite, formée de schistes albiens et carbonifères mêlés, se termine en biseau entre une écaille de grès triasique d'une part et le flysch crétacé d'autre part. Ce dernier est à l'état de calcaires rubannés, le rubanement provenant du développement de petits lits de calcschistes au milieu d'un calcaire primitivement compact : il s'agit donc ici d'un calcaire à rubanement d'origine mécanique, bien différent des calcaires rubannés ordinaires du flysch.

FENÊTRE DE VERA. — L'affleurement crétacé qui forme une étroite bande entre Ainhoa et Vera n'est pas un synclinal pincé entre les deux massifs primaires qui l'enserrent au Nord et au Sud.

Dès 1886, M. Stuart-Menteath¹ en signalait les particularités : « composée de calcaire cénomanien et de grès triasique, le premier caractérisé par *Radiolites foliaceus* et plusieurs Poly-piers du même terrain, le second attesté par des relations stratigraphiques incontestables. Elle est bordée par deux grandes failles, remplies tantôt par des brèches de friction, tantôt par des filons d'ophite¹ ». Ce n'est cependant que beaucoup plus tard que l'assimilation de cette bande à une fenêtre fut faite par MM. P. Termier et L. Bertrand². Encore la question se posait-elle de savoir « si cette fenêtre d'Ainhoa (Vera) montre encore la prolongation du Crétacé méridional, ou bien si nous avons déjà là, au travers des nappes nord-pyrénéennes, une apparition du Crétacé sous-pyrénéen septentrional ». L'étude de la région d'Espelette amena MM. Termier et Bertrand à considérer cette seconde hypothèse comme exacte³. Mes études sur la prolongation de la bande crétacée vers l'ouest confirment cette manière de voir, et j'ai pu reconnaître la liaison très probable du flysch de Vera et de celui de la région comprise entre Oyarzun et Hernani.

Cette continuité avait déjà été signalée par MM. Stuart-Menteath⁴ et E. Fournier⁵. Mais, tandis que le premier de ces auteurs considérait le Crétacé comme un lambeau non digéré par le granite (malgré l'absence complète de métamorphisme, tant exomorphe qu'endomorphe, le calcaire cristallin observé par M. Stuart-Menteath n'étant qu'un petit copeau de calcaire paléozoïque), M. Fournier tenait cette bande pour effondrée entre deux failles, tout en admettant qu'elle « ait été violemment écrasée entre les deux massifs de granite ». Cette hypothèse ne me semble pas plus admissible que la précédente, pour la raison que voici : la bande crétacée, continue entre Ainhoa et Vera, est discontinue entre Vera et Oyarzun⁶ : le flysch n'apparaît plus —

1. *Op. cit.*, p. 591.

2. P. TERMIER et L. BERTRAND. Sur la tectonique du pays basque français. *CR. Ac. Sc.*, t. 153, 1911, pp. 919-924.

3. L. BERTRAND. Sur la structure géologique des Pyrénées occidentales et leurs relations avec les Pyrénées orientales et centrales ; essai d'une carte structurale des Pyrénées. *B. S. G. F.*, (4), XI, 1911, p. 141.

4. P. W. STUART-MENTEATH. Note sur douze coupes des Pyrénées occidentales. *B. S. G. F.*, (3), XIX, 1891, pp. 929-932, pl. XXI, coupes 6 et 7.

5. E. FOURNIER. Etudes sur les Pyrénées basques (Basses-Pyrénées, Navarre et Guipuzcoa). *Bull. Serv. Cart. géol. Fr.*, t. XVIII, 1907-1908, n° 121, pp. 54-55.

6. Il est tout à fait probable que la continuité est parfaite en profondeur, sous le Paléozoïque et le granite.

à la faveur d'un repli anticlinal d'ailleurs — que dans le fond de quelques ravins, et on le voit nettement disparaître *sous* le granite et les schistes paléozoïques, dont il n'est séparé que par une zone mylonitique : en certains points, la mylonite ne comprend que des blocs de marbre crétacé à Hippurites et Polypiers, noyés au milieu de schistes noirs très broyés (ravin de la regata de Endara, à quelques centaines de mètres à l'Est de la chapelle de San-Antonio; ravin au SW de Zalain de Lesaca). Plus habituellement, elle est formée du même complexe d'écaïlles que celui que l'on observe sur la bordure externe du massif de la Haya.

Sur le versant occidental de cette dernière montagne, le flysch, au point où il disparaît sous le granite (2 km. au SW du sommet de la Haya), est à l'état de calcschistes. Il ne forme plus, au milieu de la zone mylonitique polygénique qui l'enserme, qu'un petit affleurement de deux mètres de large. A un km. plus à l'Ouest, dans un ravin situé au Sud d'Ergoyen, on voit un important lambeau de marbre à Polypiers. La roche, devenue amygdalaire, présente une structure cataclastique tout à fait nette.

Vers le barrio de Carrica, la bande crétacée s'élargit à nouveau et forme la bordure externe du massif de l'Urdaburu et de l'Adarra.

BORDURE DU MASSIF DE L'URDABURU ET DE L'ADARRA. — De même que sur la bordure du massif de la Haya, un régime de plis aigus et de fractures succède brusquement au système d'ondulations faibles que l'on rencontre dans l'intérieur même du massif (comme dans ce qui précède, je ne parle que des plis affectant les quartzites triasiques, le Paléozoïque se montrant, sous la croûte formée par ces derniers, beaucoup plus intensément plissé). Les poudingues et quartzites triasiques couronnent les crêtes de l'Urdaburu et de l'Adarra : nulle part le contraste entre les deux modalités des plissements n'apparaît mieux que là.

De plus, sur toute la bordure du massif, depuis Carrica jusqu'au Sud d'Urnieta, le flysch plonge d'une façon constante sous le Primaire. Cette disposition est particulièrement évidente dans la gorge du rio Urumea, entre Fagollaga et Erenozu. Près du contact, le flysch est *toujours* à l'état de calcschistes.

CONCLUSIONS. — Sans que cette étude soit assez générale pour permettre d'affirmer que tout le Paléozoïque soit charrié sur le flysch, elle démontre, je crois, l'existence d'une poussée des grandes unités tectoniques primaires sur ce terrain, poussée qui a déterminé la formation d'une zone mylonitique puissante et d'un caractère très particulier.

Je crois devoir insister sur le fait que l'existence de cette zone mylonitique, ainsi que des replis et bouleversements intenses du flysch, est absolument incompatible avec celle de massifs primaires autochtones, tant ces derniers se montrent faiblement plissés, en dehors de la zone de bordure. On ne saurait admettre, en effet, qu'on se trouve en présence d'anticlinaux et de synclinaux formés sur place, au sein de ces massifs, alors que règne, entre l'intensité des mouvements orogéniques suffisants pour produire ces faibles ondulations et celle dont les broyages de la zone de bordure nous révèle la nécessité, une si grande disproportion. Cet argument, joint à l'observation, si souvent répétée, d'une superposition du Paléozoïque au Flysch, me semble très probant.

SUR LA STRATIGRAPHIE
DU MÉSOCRÉTACÉ ET. DU NÉOCRÉTACÉ DE LA CRIMÉE
PAR M^{lles} G. Weber ET V. Malychef¹.

La masse puissante des marnes blanches, grès et calcaires du Crétacé de la Crimée avait depuis longtemps attiré l'attention des géologues. C'est à Dubois de Montpéreux² qu'on doit le tableau synoptique de ces terrains. Publié en 1837, ce tableau était alors parfaitement conforme à l'état de la science, il servit de base à toutes les recherches ultérieures, les niveaux lithologiques qui y sont indiqués étant d'une parfaite exactitude, tandis que la définition de leur âge a donné lieu à de grandes discussions³.

Dubois de Montpéreux n'attribuait au niveau de la craie blanche que la partie supérieure du Néocrétacé de la Crimée en y ajoutant les terrains nummulitiques.

On doit à Coquand et Hébert⁴ la précision des limites du Crétacé supérieur et du Tertiaire, mais ils mirent en doute la présence en Crimée de niveaux inférieurs au Sénonien. Cette opinion fut partagée par la plupart de ceux qui étudièrent la Crimée. On ne trouve dans la littérature que quelques indications de fossiles la contredisant.

Quant aux couches supérieures elles furent subdivisées en 1890 par Karakach⁵ et en 1909 par Langué et Mirtching⁶, qui firent aussil'étude des terrains éonummulitiques.

En 1911, sous la direction de M. de Vogt, nous fûmes chargées avec M^{lle} Neuman⁷ de l'étude des terrains du Crétacé supérieur de la Crimée dans le but d'en préciser les différents niveaux.

Cette étude fut continuée par M^{lle} Weber⁸ qui détermin

1. Note présentée à la séance du 28 mai 1923.

2. *B. S. G. F.*, t. VIII, 1837.

3. L'aperçu historique de l'étude des terrains du Crétacé de la Crimée est donné par FAYRE (Etude strat. sur la partie SW de la Crimée. Genève, 1878), la littérature récente par SLOUDSKI (*Bull. Soc. Géol. Moscou*, 1910).

4. *B. S. G. F.*, (3), t. V, 1877.

5. *Trav. Soc. Nat. Saint-Petersbourg*, 1890.

6. *Bull. Soc. Nat. Moscou*, t. XXIII, 1909.

7. *Bull. Com. Géol. Saint-Petersbourg*; 1912-1914, *Trav. Soc. Nat. Saint-Petersbourg*, 1922.

8. *Trav. Soc. Nat. Saint-Petersbourg*, 1916.

aussi la presque totalité des fossiles, M^{lles} Malychef et Neuman n'ayant étudié que les Ammonoïdés.

Nos recherches nous ont permis de distinguer outre les niveaux déjà signalés par les auteurs précédents, le Cénomanién, le Turonien, le Coniacien, le Santonien, de préciser leurs caractères et leur extension.

Le Mésocrétacé et le Néocrétacé de la Crimée se présentent au Nord de la chaîne principale de la péninsule sous la forme d'une bande ne dépassant pas 5 km. de largeur et approximativement parallèle à cette ride montagneuse. La direction de cette bande est SW-NE dans la partie occidentale du pays et W-E dans la partie orientale. Elle est limitée d'un côté par les terrains éocrétacés et de l'autre par les terrains tertiaires. Elle s'étend de Sébastopol à Théodosia et n'est interrompue qu'en deux points : entre Simféropol et Zouïa par les affleurements de l'Éocrétacé et au Nord de Stary-Crym par ceux du Jurassique (anticlinal d'Agermych). En dehors de cette bande il n'est connu qu'un petit lambeau isolé du Mésocrétacé au flanc du mont Matchou à l'Est de la vallée Baïdar près du village Ourcousta. Les terrains de la bande crétacée forment avec les terrains tertiaires qui les recouvrent un gradin faiblement incliné vers le Nord et offrant au Sud un escarpement abrupt, une vraie falaise appelée la seconde chaîne de la Crimée. Elle est suivie d'un second gradin divisé en collines de relief peu accentué.

La base de ce dernier gradin est généralement occupée par l'Éocrétacé, sur la pente affleurent le Mésocrétacé et le Coniacien qui avec le Santonien occupe aussi la plus grande partie de la région des collines, le reste étant formé par le Campanien. Le Campanien affleure aussi à la base de la falaise qui est formée par le Maestrichtien et le Danien, recouverts par endroits par les terrains tertiaires.

Le niveau supérieur du Maestrichtien forme une première corniche surmontée d'une seconde composée de calcaires danien et montien.

La bande du Crétacé présente ces caractères entre Inkerman et la rivière Bodrak ; plus à l'Est vers Simféropol, elle se rétrécit, ses différentes couches s'amincissent, se terminent en biseau et les couches nummulitiques viennent recouvrir des niveaux de plus en plus anciens.

Près de Zouïa le Mésocrétacé affleure parmi les collines du Crétacé inférieur ; vers l'Est au-dessous du Nummulitique, repaissent graduellement les différents termes du Crétacé supérieur et la bande reprend les caractères qu'elle a dans la partie occi-

dentale de la péninsule pour s'effiler de nouveau vers Aguermych. Dans les environs de Théodosia le Mésocrétacé et le Néocrétacé ne jouent plus le même rôle important dans le relief de la région.

Les différents niveaux du Mésocrétacé et du Néocrétacé présentent les caractères suivants :

ALBIEN. — A la base de la série mésocrétacée se trouve généralement un grès glauconieux à ciment calcaire et galets de quartz ou un calcaire sableux attribué par Karakach¹ à l'Albien ; il contient d'après cet auteur les fossiles suivants :

<i>Ostrea arduennensis</i> D'ORB.	<i>Pectunculus neverisensis</i> DE LOR.
<i>Plicatula inflata</i> Sow.	<i>Serpula antiquata</i> Sow.
<i>Vola Deshayesi</i> D'ORB.	— <i>ampullacea</i> Sow.

Nous avons trouvé dans les mêmes couches :

<i>Toxoceras</i> sp.	<i>A. caucasica</i> BOUCH.
<i>Hibolites minimus</i> LIST.	<i>A. Pompeckii</i> PAVL.
<i>Inoceramus concentricus</i> PARK.	<i>Plicatula</i> sp.
<i>In. anglicus</i> WOODS.	<i>Exogyra conica</i> Sow.
<i>Aucellina aptiensis</i> POMP.	

De Vogt indique la présence de nombreux Ammonites au SE de Koutchki.

Ce terrain atteint une épaisseur de 10 m. près de Bia-Sala. Il repose tantôt sur les marnes foncées à *Hibolites semicanaliculatus* BLAIN. (Aptien), tantôt sur des calcaires du Crétacé inférieur dont l'âge n'a pas été précisé et ne fait défaut qu'aux endroits suivants : Katyrcha-saraï, Kichlav et les environs de Théodosia.

CÉNOMANIEN. — 1° Au-dessus des grès albiens vient un niveau à *Hamites* sp., *Toxoceras* sp., *Schlenbachia varians* Sow., *Hibolites ultimus* D'ORB., *Aucellina gryphæoides* Sow. et *Krasnopolski* PAVL. Ce niveau caractérisé par une abondance d'Aucellines est très constant et ne varie que peu dans ses caractères lithologiques ; il est glauconieux et sableux à l'Ouest de Simféropol et à Kouvalatch, marneux dans tout le reste de la Crimée orientale. Ces couches, dont l'épaisseur atteint de 2-3 m. à Bia-sala passent insensiblement au niveau suivant.

2° Marnes argileuses bleues et blanches alternant avec des bancs calcaireux (épaisseur près de Bakhtchi-saraï, 20 m. environ). Cette assise renferme la faune suivante :

1. Trav. Soc. Nat. Saini-Petersbourg, 1907.

<i>Turrilites cenomanensis</i> SCHLUT.	<i>Pecten squamula</i> LMK.
<i>T. tuberculatus</i> BOSK.	<i>Pinna</i> sp.
<i>Scaphites</i> cf. <i>æqualis</i> SOW.	<i>Aucellina gryphæoides</i> SOW.
<i>Puzosia subplanulata</i> SCHLUT.	<i>A. Krasnopolski</i> PAVL.
<i>Schlœnbachia varians</i> SOW.	<i>Inoceramus Cripsi</i> MANT.
<i>Acanthoceras Mantelli</i> SOW.	<i>In. tenuis</i> MANT.
<i>Hibolites ultimus</i> D'ORB.	<i>In. anglicus</i> WOODS.
<i>Anomia</i> sp.	<i>Pteria</i> sp.
<i>Exogyra conica</i> SOW.	

Ces marnes n'existent point à Katyrcha-saraï et à Kichlav et sont remplacées par des marnes sableuses près de Kouvalatch.

Le caractère de la faune signalée dans les deux niveaux précités ne laisse aucun doute sur leur âge cénomanien.

TURONIEN. — Il est représenté dans toute la Crimée par des marnes blanches, dures, résonnant sous le choc du marteau, se divisant en plaques minces à bords tranchants; on y trouve beaucoup de rognons de silex disposés parfois en bancs. Les fossiles: fragments d'*Ammonites*, *Pteria tenuicostata* RÆM., *Rynchonella* sp. et des *Spongiaires* sont rares et souvent déformés, seul l'*Inoceramus labiatus* SCHLOT. s'y rencontre par endroits en grande quantité.

Près de Bakhtchi-saraï l'épaisseur de ces marnes égale à peu près 20 m.; elles font défaut à Katyrcha-saraï et à Kichlav; à Kourtsy elles sont peut-être remplacées ainsi que les assises inférieures par des grès glauconieux à *Inoceramus* sp. d'âge indéterminable.

L'âge turonien des couches à *In. labiatus* est indiqué par la présence de ce fossile, se rencontrant le plus souvent dans le Turonien inférieur de divers pays, ainsi que par leur position stratigraphique.

CONIACIEN. — 1° Ce niveau est caractérisé par la faune suivante :

Dents de Poissons.	<i>Terebratula</i> BECKSI, ROEM.
<i>Ammonites</i> sp.	<i>T. Carteri</i> DAV.
<i>Anomia</i> sp.	<i>T. defluxa</i> SCHLÖEN.
<i>Inoceramus Lamarcki</i> PARK.	<i>Micraster Leskei</i> DESM.
<i>In. Cuvieri</i> SOW.	<i>Echinocorys Gravesi</i> DES.
<i>In. Schlœnbachii</i> BOEHM.	<i>Infulaster excentricus</i> D'ORB.
<i>Rynchonella ventriplanata</i>	<i>Conulus albogalerus</i> KLEIN.
SCHLÖEN.	<i>C. subconicus</i> D'ORB.
<i>Rh. Cuvieri</i> D'ORB.	<i>Salenia granulosa</i> FORB.

Il présente des faciès différents : ce sont des conglomérats à galets de quartz et de marne et des grès près de Tchorgoun; entre

Schouli et Bakhtchi-saraï, Katyrcha-saraï et Kichlav et près de Théodosia ce sont des calcaires blancs, compacts, parfois bréchoides, se débitant en fragments à faces inégales comme rongées et atteignant 5 m. d'épaisseur. A Kourtsi il faut probablement rattacher au Coniacien les marnes à galets de quartz qu'on voit au-dessus des grès glauconieux attribués aux niveaux inférieurs.

La faune de ces couches a beaucoup d'affinité avec celle du Turonien supérieur d'Allemagne, c'est pourquoi nous les avons tout d'abord attribuées au Turonien, d'autant plus que les couches semblables de Mangychlak et du Caucase furent aussi envisagées comme appartenant à cet âge. M. Bonnet¹ ayant démontré l'âge Coniacien des couches analogues en Transcaucasie, en y signalant *Barroisiceras Habersfellneri* HAU., nous pensons donc maintenant devoir plutôt rattacher aussi celles de la Crimée au Coniacien. La présence dans ces couches des Echinides suivants : *Infulaster excentricus*, *Conulus albogalerus*, *C. subconicus* qui se trouvent généralement dans le Sénonien de l'Europe occidentale nous confirment dans cette opinion.

2° Des marnes dures semblables à celles du Turonien recouvrent l'assise précédente.

SANTONIEN. — 1° Un banc de kéfékilit (terre à foulon), atteignant 1 m. d'épaisseur, se rencontre à la base des marnes blanches que nous rapportons au Santonien par leur position stratigraphique.

2° Les marnes blanches à nodules de silex, plus tendres que les précédentes, ont des fossiles rares et peu déterminables. Ce sont des restes d'Inocerames (*In. cardissoïdes*? GOLDF. et autres), *Plicatula* sp., *Grania* sp., *Marsupites* sp., des Spongiaires.

La présence de *Marsupites* indique l'âge santonien de ce niveau.

CAMPANIEN. — Il est représenté par des marnes, dont l'épaisseur est de plus de 60 m. près de Bakhtchi-saraï. Ces marnes sont blanches, tendres, crayeuses et se débitent en plaques. Elles contiennent une faune abondante :

Nautilus patens KNER.

N. Dekai MORT.

Hamites cylindraceus DEFER.

Baculites Knorri DESM.

Helicoceras Schloenbachi FAVRE.

Hauericeras pseudo-Gardeni

SCHLUT.

Pachydiscus sp.

Belemnitella mucronata SCHLOTH.

Scalpellum maximum SOW.

Avellana inversestriata KNER.

Voluta semilineata MUNST.

Scalaria decorata ROEM.

Rostellaria Parkinsoni SOW.

1. CR. Ac. Sc., 1923, t. 176, p. 1 633.

Ouest Est
TABLEAU SYNOPTIQUE DU CRÉTACÉ DE LA CRIMÉE

SÉBASTOPOL				SIMFÉROPOL		THÉODOSIA		
	Inkerman Tchorgoun	Bakhchisarai Biassala	Alma (Sably)	Kourtsy	Ak-kaia Karassoubasarsar	Bouroumdouk-kaia Katyrchasarsar	Kichlav	Env. de Théodosia
MÉSOMULINITE	Marnes et calcaires à <i>Nummulites irregularis</i> .						Calcaire à <i>Numm. wemmelinensis</i> .	
LONDINIEN ?	Marnes sa- bleuses.	M. blanches M. sableuses	Marnes jaunâtres			Calcaire grossier à moules nom- breux de	Marnes blanches compactes <i>Ost. Escheri</i>	
THANÉTIEN	<i>Car. volgensis</i> , <i>Cul. volgensis</i> , <i>Ost. Escheri</i> .					Gastéropodes et Lamellibranches	Calcaire sableux à <i>Ostrea</i>	
MONTIEN	Calcaire grossier cristal- lin, 18 m.					lacune	Calcaire à Bryozoaires, 64 m. Marnes sableuses com- pactes, riches en Echi- nides, 40 m. Grès glauconieux, <i>N. danicus</i> , <i>E. sulcatus</i> , <i>B. ame- ricana</i> , 0,5 m.	
DANIEN	Calcaire à Bryozoaires, 30 m. Marnes sableuses à <i>Ostrea simitis</i> , 6 m. Grès glauconieux à phos- phates, <i>Naut. danicus</i> , <i>Echin. sulcatus</i> , <i>Bel. ame- ricana</i> , 0,5 m.		lacune				Calcaire sableux à Echi- nides rares. Calcaire bré- choïde à Bryozoaires	
MAES- TRICHTIEN	Grès marneux à <i>B. ame- ricana</i> , <i>Ostrea</i> , <i>Pecten</i> , 15 m.					Grès marneux lacune	Marnes glau- conieuses <i>Sc. constrictus</i>	
	Marnes sableuses à <i>Ancyloceras retror- sum</i> , 25 m.					Marnes sableuses à <i>Anc. retrorsum</i> .	Marnes glau- conieuses <i>Pach. neubergicus</i> , <i>Bel. lanceolata</i> .	
		Marnes à <i>Scaphites constrictus</i> , <i>Pach. neubergicus</i> , <i>Bel. lanceolata</i> , 50 m.					Marnes glau- conieuses <i>Sc. constrictus</i>	

NEOCRÉTACE

NEOCRÉTACÉ		MÉSOCRÉTACÉ		ÉOCCRÉTACÉ	
CAMPANIEN	<i>Echinocorys vulgaris</i> , 60 m.	Marnes blanches à silex, fossiles rares, <i>Marsupites</i> , <i>In. cardissoides</i> , <i>Inoceramus</i> sp. : Spongiaires.		Marnes blanches à silex, fossiles rares, <i>Marsupites</i> , <i>In. cardissoides</i> , <i>Inoceramus</i> sp. : Spongiaires.	
SANTONIEN		Kéfékilit, 1 m.		Kéfékilit, 1 m.	
CONIACIEN		Marnes blanches, dures, à silex.		Marnes blanches, dures, à silex.	
	Grès Conglomérat	Calcaire compact <i>In. Lamarchi</i> , <i>In. Cunieri</i> , <i>Con. albogalerus</i>	Marnes à galets de quartz	Craie à <i>In. Lamarchi</i> , <i>In. Cunieri</i>	Calcaire compact à <i>In. Lamarchi</i> , <i>In. Cunieri</i> , <i>Conulus albogalerus</i> , <i>Infusaster. excentricus</i>
TUONIEN		Marnes dures à silex <i>Inoceramus labiatus</i> , 20 m.	Marnes à <i>In. labiatus</i>		Marnes dures à <i>In. labiatus</i>
CÉNOMANIEN		Marnes argileuses alternant avec des banes calcaireux, <i>Acanth. Mantelli</i> , <i>Schl. varians</i> , <i>In. Cripsi</i>	Marnes argi- leuses, <i>Schl. varians</i> , <i>In. Cripsi</i>		Marnes à <i>I. Cripsi</i>
ALBIEN		Marnes sableuses à glauconie <i>Hib. ultimus</i> , <i>Auc. gryphæoides</i> .	Marnes argileuses à <i>Hib. ultimus</i> , <i>Aucellina gryphæoides</i>		Marnes à <i>A. gryphæoides</i>
APTÉN		Grès vert glauconieux à <i>Hib. minimus</i> , <i>In. concentricus</i> , 10 m.	Grès vert <i>Hib. minimus</i> , <i>Auc. caucasica</i> , <i>Auc. aptiensis</i>		Marnes glau- conieuses
BARRÉMIEN		Argiles foncées <i>Hib. senicanaliculatus</i> .	Argiles foncées		Argiles
HAUTERIVIEN		Calcaire rougeâtre à <i>Desm. difficile</i>	Calcaire néocomien à		Argiles et Marnes à <i>Duv. lata</i>
VALANGINIEN		Grès et calcaire néocomien	Calcaire néocomien à Zoanthaires		Marnes du Berriasien
		Calcaire ocreux à <i>Duv. dilatata</i> Grès <i>D. crinita</i> Conglomérat à <i>Sp. splenensis</i> Grès à <i>Ost. rectangularis</i>	Calcaire néocomien à Zoanthaires		Marnes du Tithonique
		Schistes foncés du Trias, roches éruptives.	Calcaire à <i>diceras</i> (Jurassique sup.)		

<i>Trochus</i> sp.	<i>Nucula</i> sp.
<i>Turbo Boimsdorfensis</i> GRIEPEN.	<i>Leda leia</i> WANN.
<i>Pleurotomaria plana</i> MUNST.	<i>Rhynchonella limbata</i> SCHLOTH.
<i>Neæra caudata</i> NILS.	<i>Terebratula carnea</i> SOW.
<i>Pholadomya decussata</i> MANT.	<i>Offaster pilula</i> LAMB.
<i>Lima Hoperi</i> MANT.	<i>Galeola Gauthieri</i> LAMB.
<i>L. granulata</i> NILS.	<i>Cardiaster granulatus</i> FORB.
<i>L. semisulcata</i> NILS.	<i>Hemiaster Nordmani</i> EICH.
<i>L. pseudocardium</i> REUSS.	<i>Echinocorys vulgaris</i> BREYN.
<i>Spondylus Dutempleanus</i> D'ORB.	<i>Ech. ovatus</i> LESKE.
<i>Anomia</i> sp.	<i>Ech. pyramidatus</i> PORT.
<i>Ostrea vesicularis</i> LMK.	<i>Ech. gibbus</i> var. <i>turrita</i> LAMB.
<i>Pecten Mantellianus</i> D'ORB.	<i>Echinoconus Roëmeri</i> DES.
<i>P. cretosus</i> ? DEFR.	<i>Phymosoma corallare</i> KLEIN.
<i>P. royanus</i> D'ORB.	<i>Cæloptychium</i> sp.
<i>Inoceramus regularis</i> D'ORB.	<i>Ventriculites</i> sp.

La position stratigraphique de ces couches, ainsi que le caractère général de leur faune, indique leur âge campanien.

MAESTRICHTIEN. — 1^o Le premier niveau de cet étage est présenté par des marnes jaunâtres faiblement sableuses. Leur épaisseur atteint environ 50 m. Elles sont caractérisées par la faune suivante :

<i>Nautilus restrictus</i> GRIEP.	<i>Avellana Humboldti</i> MULL.
<i>N. Dekayi</i> MORT.	<i>Acteon</i> sp.
<i>N. patens</i> KNER.	<i>Voluta semilineata</i> MUNST.
<i>Gaudriceras Colloti</i> DE GROSS.	<i>Fusus canatifer</i> ? FAYRE.
<i>Hamites cylindræus</i> DEFR.	<i>Natica</i> sp.
<i>Baculites Knorri</i> DESM.	<i>Turritella quadricincta</i> GOLDF.
<i>B. vertebralis</i> LMK.	<i>Chenopus Schlottheimi</i> ROEM.
<i>Scaphites constrictus</i> SOW.	<i>Dimorphosoma stenoptera</i> GOLDF.
<i>S. tenuistriatus</i> KNER.	<i>Pterocera ovata</i> MUNST.
<i>S. trinodosus</i> KNER.	<i>Rapa cancellata</i> SOW.
<i>S. monasteriensis</i> SCHLUT.	<i>Cerithium Griepenkerli</i> MULL.
<i>Hauericeras pseudo-gardeni</i> SCHLUT.	<i>C. Willigeri</i> MULL.
<i>Pachydiscus neubergicus</i> HAUER.	<i>Trochus</i> sp.
<i>Ancyloceras retrorsum</i> SCHLUT.	<i>Turbo</i> sp.
<i>Belemnitella lanceolata</i> SCHLOT.	<i>Pleurotomaria baculitarum</i> GEIN.
<i>B. americana</i> MORT. (rare).	<i>Neæra caudata</i> NILS.
<i>Scalpellum solidum</i> STEEN.	<i>Liopista æqualis</i> GOLDF.
<i>Policipes conicus</i> REUSS.	<i>Pholadomya Esmarki</i> NILS.
<i>P. glaber</i> ROEM.	<i>Panopæa rustica</i> SOW.
<i>P. Darvini</i> BOSK.	<i>P. mandibula</i> SOW.
<i>P. validus</i> STEEN.	<i>Leptosolen Petersi</i> REUSS.
	<i>Tellina semicostata</i> REUSS.

<i>Cardium</i> sp.	<i>Pinna decussata</i> GOLDF.
<i>Granocardium Marquarti</i> MULL.	<i>Inoceramus regularis</i> D'ORB.
<i>Lucina saharica</i> QUAAS.	<i>In. umbonatus</i> MEEK.
<i>Crassatella bohémica</i> SCUP.	<i>Limopsis rhomboidalis</i> ALTH.
<i>Ostrea vesicularis</i> LMK.	<i>Arca Geinitzi</i> REUSS.
<i>Plicatula</i> sp.	<i>A. trapezoidea</i> GEIN.
<i>Spondilus Dutempleanus</i> ORB.	<i>Leda leia</i> WANN.
<i>Lima Hoperi</i> MANT.	<i>Nucula tenera</i> MULL.
<i>L. canalifera</i> D'ORB.	<i>Terebratulina chrysalis</i> SCHLOTH.
<i>L. pseudocardium</i> ? REUSS.	<i>Trigonosema pulchellum</i> NILS.
<i>Pecten Mantellianus</i> D'ORB.	<i>Hemiaster Nordmani</i> EICHW.
<i>Pecten cretosus</i> DEFR.	<i>Cardiaster granulosus</i> FORBES.
<i>P. royanus</i> D'ORB.	<i>Echinoconus Roëmeri</i> DES.
<i>P. membranaceus</i> NILS.	<i>Echinocorys vulgaris</i> BREIN.
<i>Neithae striatocostata</i> GOLDF.	

2° Les marnes précédentes passent insensiblement à des marnes plus sableuses du second niveau moins riche en fossiles contenant des restes de Poissons et de Reptiles et la faune suivante :

<i>Nautilus cf. restrictus</i> GRIEP.	<i>P. rustica</i> SOW.
<i>Pachydiscus neubergicus</i> (très rare).	<i>Crassatella bohémica</i> SCUP.
<i>Ancylloceras retrorsum</i> SCHLUT.	<i>Lima pseudocardium</i> ? REUSS.
<i>Belemnitella lanceolata</i> SCHLOT.	<i>Pecten meridionalis</i> EICHW.
<i>B. americana</i> MORT.	<i>P. membranaceus</i> NILS.
<i>Voluta semilineata</i> MUNST.	<i>Neithea striatocostata</i> GOLDF.
<i>Pholadomya æqualis</i> GOLDF.	<i>Nucula tenera</i> MULL.
<i>Panopæa mandibula</i> SOW.	<i>Spongiaires</i> , etc.

3° Le niveau supérieur du Maestrichtien est représenté par un grès glauconieux à ciment calcaire qui forme une corniche de 15 m. et contient des Ostréidés et des Pectinidés en grande quantité. On y trouve :

Dents de Poissons et de Reptiles.	<i>O. similis</i> POUCH.
<i>Belemnitella americana</i> MORT.	<i>O. vesicularis</i> LMK.
<i>B. lanceolata</i> SCHLOTH. (rare).	<i>Exogyra decussata</i> GOLDF.
<i>Gyropleura Ciptlyana</i> RYCKH.	<i>E. Overvegi</i> BUCH.
<i>Ostrea lunata</i> NILS.	<i>E. laciniata</i> NILS.
<i>O. unguolata</i> COQ.	<i>Lima canalifera</i> D'ORB.
<i>O. Deshayesi</i> DUB.	<i>Pecten meridionalis</i> EICH.
<i>O. semiplana</i> SOW.	<i>P. cretosus</i> LMK.
<i>O. Peroni</i> COQ.	<i>P. membranaceus</i> NILS.
<i>O. canaliculata</i> SOW.	<i>Neithea substriatocostata</i> D'ORB.
<i>O. biconvexa</i> EICH.	<i>N. simbirskensis</i> D'ORB.
<i>O. incurva</i> NILS.	<i>Rhynchonella plicatilis</i> SOW.
<i>O. mirabilis</i> ROUSS.	<i>Crania ignabergensis</i> RETZ. etc.

La présence de *P. neubergicus* et *Sc. constrictus* affirme l'âge maestrichtien de ces niveaux.

Arkhanguelskii a proposé la division du Sénonien de la Russie orientale en trois zones : 1° Z. à *B. mucronata* ; 2° Z. à *B. lanceolata* et 3° Z. à *B. americana*. Cette division fut adoptée pour la Crimée par Mirtching et Langué, mais ici elle ne peut être conservée. *B. americana* et *B. lanceolata* se trouvant ensemble dans tout le Maestrichtien et même dans le Danien inférieur.

Le Maestrichtien est un des niveaux les plus constants du Crétacé de la Crimée; il ne fait défaut que là où il fut enlevé par une érosion ultérieure. Aussi est-il le mieux connu.

DANIEN. — Le Danien est représenté par un ensemble de grès, de marnes sableuses et de calcaires. Ce n'est que la partie supérieure de cet ensemble qui fut autrefois attribuée à cet étage, mais les recherches de M^{lle} Weber¹ ont démontré qu'on doit aussi lui attribuer les grès sous-jacents, contenant encore les Bellemnitelles associées ici au *Nautilus danicus*. Ce grès est séparé du Maestrichtien par une surface de contact portant les traces d'une érosion sous-marine.

Nous distinguons maintenant dans le Danien de la Crimée trois niveaux :

1° Grès glauconieux à phosphates, de faible épaisseur (50 cm. environ) contenant tous les fossiles de la couche précédente auxquels sont associées les formes suivantes.:

<i>Nautilus danicus</i> SCHLOT.	<i>Garumnaster Michaleti</i> LAMB.
<i>N. bellerophon</i> LUND.	<i>Echinocorys sulcalus</i> GOLDF.
<i>Scalaria labrosa</i> WANN.	<i>E. depressus</i> EICHW.
<i>Terebratula obesa</i> SOW.	<i>Echinoconus (Catopygus) avel-</i>
<i>T. carnea</i> SOW.	<i>lana</i> DUB.
<i>Hemiaster inkermanensis</i> DE LOR.	Zoanthaires, etc.
<i>Micraster n. sp.</i>	

On y trouve encore des formes dont les moules ont été transformés en phosphates :

<i>Avellana Humboldti</i> MULL.	<i>Cardita, Meretrix obliquus</i> DESH.
<i>Fusus, Voluta, Cypræa, Natica,</i>	<i>Cyprina, Ostrea, Exogyra, Pec-</i>
<i>Xenophora onusta</i> NILS.	<i>ten, Lima, Cucullæa volgensis</i>
<i>Turritella, Cerithium, Turbo,</i>	<i>B. DE MARNY, etc.</i>
<i>Pleurotomaria, Pholadomia,</i>	
<i>Crassatella arcacea</i> ROEM.	

1. CR. Ac. Sc., 1923, t. 176., p. 1486.

2° Marnes sableuses dont l'épaisseur varie de 6 m. à 40 m. et qui contiennent :

<i>Nautilus danicus</i> , <i>Ostrea vesicularis</i> , <i>O. similis</i> , <i>Exogyra deussata</i> , <i>E. Overwegi</i> , <i>Terebratula obesa</i> , <i>T. carnea</i> , <i>Crania tuberculata</i> NILS.	<i>C. ignabergensis</i> , <i>Hemiaster Inkermanensis</i> , <i>Micraster sp.</i> <i>Echinocorys sulcatus</i> , <i>E. depressus</i> , Bryozoaires.
--	--

3° Calcaire blanc et jaunâtre à Bryozoaires de 30 m. d'épaisseur, où on trouve :

<i>Scalaria labrosa</i> WANN.	<i>bergensis</i> (rare), <i>Echinoconus</i>
<i>Sc. calamistrata</i> WANN.	(<i>latopygus</i>) <i>Avellana</i> DUB.
<i>Pleurotomaria sp.</i>	<i>Linthia Favrei</i> LOR.
<i>Ostrea canaliculata</i> , <i>O. vesicularis</i> , <i>Exogyra</i> , <i>Spondylus lamellatus</i> NILS.	<i>Hemiaster inkermanensis</i> , <i>Phymosoma</i> , <i>Salenia Bourgeoisi</i> COTT.
<i>Ferebratula chrysalis</i> SCHLOTH.	<i>Cidaris Harduini</i> DES.
<i>Terebratula obesa</i> , <i>T. carnea</i> , <i>Crania tuberculata</i> , <i>Cr. igna-</i>	<i>Pentacrinus</i> , <i>Bourguetia</i> , <i>Zoanthaires</i> , Bryozoaires.

Ces trois niveaux sont bien développés entre Inkerman et Bakhtchi-saraï où ils sont recouverts par les terrains d'éonummulitiques et mésonummulitiques : calcaire grossier à moules de Gastéropodes et de Lamellibranches, marnes à *Cucullæa volgensis*, *Cardita volgensis*, marnes et calcaires à Nummulites.

À l'Est de Bakhtchi-saraï les couches daniennes diminuent en épaisseur et se terminent en biseau entre les rivières Bodrak et Alma, où les marnes à *Cardita volgensis* viennent en contact avec les couches du Maestrichtien.

À l'Est de Simféropol le Danien apparaît aux environs de Karassoubazar au-dessous des calcaires nummulitiques. Il faut signaler ici le grand développement du niveau des marnes sableuses (Danien 2°) très riches en Echinides, qui sont rares dans la partie occidentale de la Crimée. Encore plus à l'Est le Danien est probablement remplacé par un calcaire sableux à Echinides indéterminables, superposé au Maestrichtien.

L'âge daniien de ces couches est indiqué par la présence de *N. danicus* et *Echin. sulcatus*.

Les lacunes et les variations des faciès que nous venons de mettre en évidence dans le Mésocrétacé et le Néocrétacé de la Crimée montrent une alternance de phases d'émersion plus ou moins accentuées et de phases d'approfondissement. Ces phases ne se sont manifestées parfois que localement. Les régions où les lacunes s'observent alternent avec des régions dans lesquelles

la série du Mésocrétacé et Néocrétacé semble être complète et où l'on ne peut constater aucune discordance ni interruption dans la sédimentation depuis l'Albien jusqu'au Nummulitique.

C'est le Coniacien qui présente le plus de variations de faciès, c'est lui aussi qui est transgressif sur les différents termes du Mésocrétacé.

L'époque suivante est caractérisée par un approfondissement général de toute la région étudiée : les autres termes du Sénonien étant présentés partout par un même faciès marneux.

A la fin du Néocrétacé on observe une tendance à l'émersion, générale pour toute la région, cette tendance se traduit par l'apparition d'un faciès sableux à Huîtres et une érosion sous-marine très intense dans quelques endroits (Bakla, Bouroundouk-kaia). Un léger approfondissement se produit de nouveau dans la région avec le Danien qui est transgressif par rapport aux niveaux les plus élevés du Maestrichtien.

Les couches du Crétacé sont en général faiblement inclinées au NW dans la partie occidentale et au NNE dans la partie orientale de la Crimée. Les failles sont assez fréquentes et intéressent parfois non seulement les terrains crétacés mais aussi ceux du Tertiaire. Les plissements affectent par endroits le Mésocrétacé et la partie inférieure du Sénonien dans la région entre Sébastopol et la rivière Belbek et sur quelques points de la partie orientale de la Crimée. Le Sénonien supérieur ne présente que des plis à grand rayon de courbure.

Dans les régions où le Mésocrétacé est le plus fortement disloqué, il semble que des contacts anormaux existent dans la série des terrains jurassiques, éocrétacés et mésocrétacés. L'insuffisance des observations ne permet pas de définir avec plus de précision le caractère de ces dislocations.

ESSAI SUR L'ÉVOLUTION DES MILIEUX GÉOPHYSIQUES ET BIOGÉOGRAPHIQUES

(A PROPOS DE LA THÉORIE DE WEGENER SUR L'ORIGINE DES CONTINENTS)

PAR **L. Joleaud**¹

I. HISTORIQUE

C'est en 1912 que le géophysicien allemand Alfred Wegener a exposé pour la première fois sa curieuse théorie synthétique de l'origine des continents actuels. Mais les idées directrices toutes nouvelles émises par le Professeur de l'Université de Hambourg semblent avoir à peu près complètement échappé à l'attention des critiques scientifiques jusqu'après la guerre. Depuis 1920, l'hypothèse de Wegener a fait l'objet de discussions passionnées qui sont, d'ailleurs, presque toujours demeurées restreintes au milieu savant de culture germanique. C'est seulement l'an dernier que l'on a vu la critique de ces conceptions se manifester dans des cercles anglo-saxons d'Europe et d'Amérique, en même temps que paraissait, dans la *Revue générale des Sciences*, un article sur la question de notre confrère Élie Gagnebin, l'assistant d'un des grands maîtres de l'école tectonique de langue française.

Notre président, mon ami Paul Lemoine, a pensé que les théories d'Alfred Wegener devaient être discutées en France, comme elles l'ont été à l'Étranger. Et c'est pour provoquer cette discussion devant la Société Géologique de France que je viens aujourd'hui vous apporter un exposé critique des conceptions largement vulgarisées par les trois éditions parues successivement en 1912, 1920 et 1922 de « *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane* ».

L'idée fondamentale de la théorie d'Alfred Wegener réside dans la mobilité relative, à la surface de notre globe, des continents affectés d'une dérive tangentielle plus ou moins importante, au cours de la série des périodes géologiques. A priori cette idée heurte nos conceptions sur les relations réciproques des deux ordres de compartiments de l'écorce terrestre, les géosynclinaux et les aires continentales.

Nous opposons tout naturellement la mobilité des géosyncli-

1. Conférence faite à la séance de la Société du 23 avril 1923.

naux à la fixité des continents, mobilité et fixité d'ailleurs toutes relatives. Non pas qu'aucun d'entre nous pense que la surface des continents soit affectée d'une rigidité absolue ; bien au contraire, nous sommes habitués à envisager la surface des aires d'ancienne consolidation présentant des réseaux de fractures extrêmement complexes ; mais nous avons toujours eu tendance à ne voir dans ces dislocations que les conséquences directes de mouvements verticaux.

Il n'y a pas encore si longtemps, tous les accidents de l'écorce terrestre étaient considérés comme dus à des déplacements de bas en haut ou de haut en bas : il est inutile de rappeler ici la théorie des soulèvements, vieille théorie si l'on n'envisage que la rapidité d'évolution de notre jeune science, théorie toute récente si l'on s'adresse à la chronologie absolue, si l'on ne voit que le chiffre brutal du nombre des années. L'hypothèse des cratères de soulèvement, exposée pour la première fois en 1819 par le géologue allemand Léopold de Buch, était encore professée en France en 1852 par Élie de Beaumont, tandis que son contemporain Constant Prévost se faisait l'apôtre de la conception des affaissements et des effondrements dans la genèse des chaînes de montagnes.

Aujourd'hui plus personne ne songe à nier le rôle fondamental des refoulements latéraux, des mouvements tangentiels, qui ont déterminé le plissement des dépôts accumulés dans le fond des réosynclinaux et donné naissance, sur leur emplacement, aux grandes rides de l'écorce terrestre.

Grâce aux efforts constants des géologues de l'école de langue française, en particulier de Marcel Bertrand, de Maurice Lugeon, de Pierre Termier et de Léon Bertrand, l'importance des déplacements tangentiels qui ont déterminé la formation des nappes de charriage et l'universalité de leur rôle fondamental dans la surrection des chaînes de montagnes n'est plus guère contestée aujourd'hui.

Il s'agit de savoir maintenant si le régime prédominant des déplacements tangentiels dans l'édification structurale de la surface de notre globe doit être restreint aux zones plissées ou s'il doit être étendu aux régions d'ancienne consolidation. Autrement dit, il faut déterminer si les mouvements d'ensemble qui ont incontestablement affecté les aires continentales au cours des périodes géologiques sont dus à de simples mouvements plus ou moins étroitement localisés ou bien s'il s'y est joint des déplacements tangentiels, c'est-à-dire une dérive des plus vieilles régions du globe.

II. LA COALESCENCE ET LA DÉRIVE DES CONTINENTS.

L'un des points d'appui principaux de la théorie de Wegener réside dans la correspondance des formes de côtes actuelles de part et d'autre de l'Atlantique : si l'on rapproche par la pensée les rivages situés à l'Ouest et à l'Est de cet Océan, on constate un emboîtement assez précis des contours littoraux de l'Afrique et de l'Amérique du Sud, de l'Europe et de l'Amérique du Nord ; les dislocations d'âges variés qui accidentent le sol des contrées situées des deux côtés de l'Atlantique viendraient assez exactement dans le prolongement les unes des autres.

Ces données, qui sont exactes quand on les envisage très schématiquement, avaient depuis longtemps attiré l'attention des géographes et l'on sait que la crête médiane de l'Atlantique, crête de Wyville Thomson, court parallèlement aux principales indentations présentées par le rivage est du Nouveau Monde et le rivage ouest du Vieux Monde.

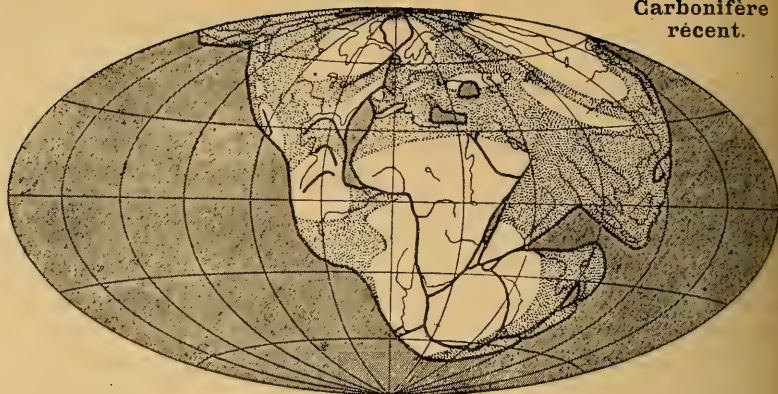
Lorsqu'on passe à l'examen détaillé de la tectonique des régions riveraines de l'Atlantique sud, on s'aperçoit que la concordance de direction des plissements est loin d'être rigoureuse. Mais il serait en tout état de cause, exagéré d'accorder une importance fondamentale, dans l'argumentation pour ou contre une théorie de géophysique générale, à l'orientation plus ou moins rigoureusement déterminée d'accidents orogéniques.

Étendant cette idée d'une antique coalescence des continents à toute la surface du globe et aux différentes périodes géologiques, Alfred Wegener arrive à des reconstitutions paléogéographiques toutes différentes de celles que nous sommes habitués à voir figurer dans les traités de Géologie (Fig. 1, 2).

À la fin du Carbonifère les continents n'auraient formé, pour Wegener, qu'un bloc presque continu, si l'on fait abstraction des mers épicontinentales. Il faut avouer que dans la carte du géophysicien allemand la part de l'hypothèse est large.

On ne voit pas ce que devient le géosynclinal indiscutable des Rocheuses occidentales, qui semble réduit au rôle de mer épicontinentale, et il en est de même des géosynclinaux pyrénéen, alpin, ouralien et himalayen. Rien ne permet d'affirmer que la Méditerranée orientale et la mer Noire aient eu alors un caractère plus océanique que ces géosynclinaux et cependant ces deux zones figurent seules avec des traits continus sur les cartes de Wegener en Europe.

Une petite partie de l'océan Arctique et l'Atlantique central sont aussi envisagés comme présentant un faciès océanique,

Carbonifère
récent.

Éocène.

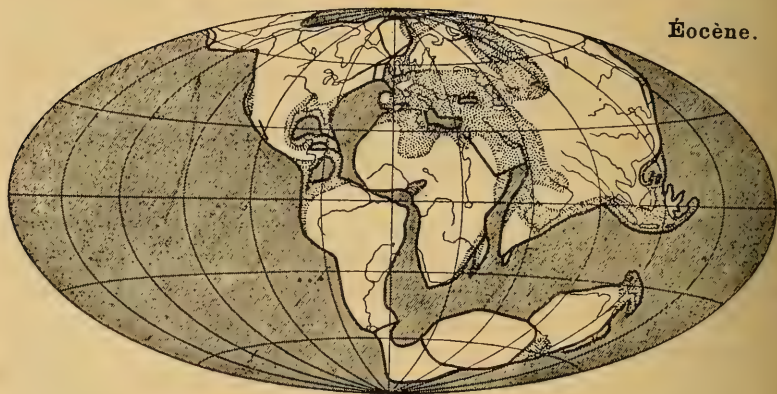
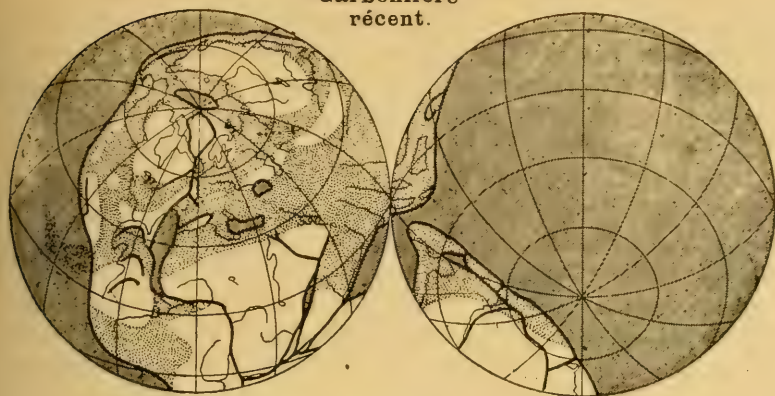
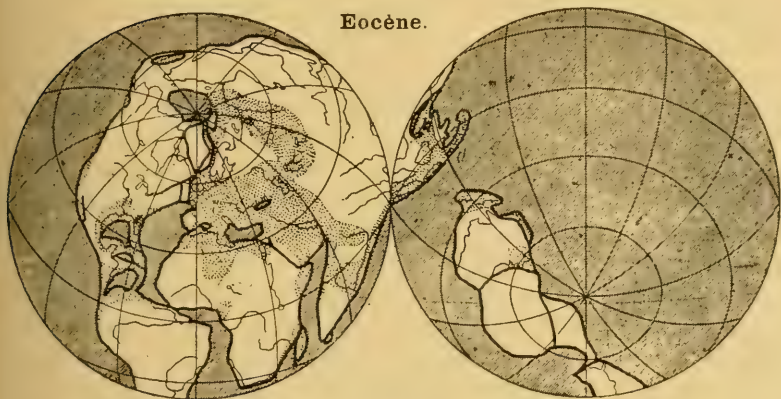
Quaternaire
ancien.

FIG. 1 et FIG. 2. — Reconstitution de la carte de la Terre.
Le grisé indique les mers profondes ; le ponctué les
et les fleuves ne sont portés que pour rendre les figures intelligibles. Le

**Carbonifère
récent.****Eocène.****Quaternaire
ancien.**

d'après la théorie de la translation des continents pour trois époques.
mers épicontinentales (peu profondes). Les contours actuels
réseau des méridiens et des parallèles est arbitraire (l'actuel pour l'Afrique).

depuis la Nouvelle-Écosse et le Nord de l'Espagne jusqu'au Venezuela et à la Sierra Leone : il y a bien eu là, en effet, des régions marines, sur le caractère desquelles les géologues sont généralement d'accord. Par contre on ne voit pas sur quoi repose la conception d'un océan entre Madagascar, l'Afrique orientale et l'Inde ; dans l'état actuel de nos connaissances, l'existence de cette nappe d'eau salée est tout à fait invraisemblable. L'océan, entre l'Australie, l'Inde et l'Indochine, est une partie du géosynclinal transverse que rien ne distingue des autres segments de cette aire mobile de l'écorce terrestre.

À l'Eocène, l'Atlantique central s'est sensiblement accru ; des mers océaniques se sont individualisées sur l'emplacement du golfe du Mexique et de la mer des Antilles ; enfin l'Atlantique sud, la mer Antarctique sud-africaine et l'océan Indien, qui n'existaient pas à la fin du Paléozoïque, sont devenus de vrais océans. La surface des mers épicontinentales a par contre considérablement diminué ; on peut dire que ces nappes d'eau sont restreintes au géosynclinal transverse ou géosynclinal de l'Oural, à la zone marine faisant communiquer les mers de l'Europe nord-occidentale avec l'Océan Arctique, aux rives du canal de Mozambique et à quelques rares golfes : Californie, Amérique centrale, fond du golfe de Guinée, extrémité orientale de l'Afrique.

Wegener confond donc dans un même ensemble les mers continentales et les mers géosynclinales et oppose ce groupement aux vrais océans, qui ne se différencient sans doute des autres mers que parce qu'ils sont encore aujourd'hui sous les eaux marines. Aucune objection de principe ne peut être faite à cette manière de voir, au point de vue général, puisque nous ignorons presque tout de la constitution géologique du fond des océans. Mais si l'on se place au double point de vue biogéographique et tectonique, on ne peut être entièrement satisfait par la conception du géophysicien allemand.

La séparation de l'Afrique et de l'Amérique du Sud, celle de Madagascar et de l'Inde sont contredites par les données fournies par les faunes terrestres. L'on ne voit pas pourquoi les deux Amériques ne seraient pas alors séparées par un véritable océan, puisqu'elles ne présentent plus que très temporairement d'étroites liaisons terrestres.

Enfin la localisation des chaînes de montagnes tertiaires ne ressort pas clairement de la forme donnée par Wegener à la limite des continents et des océans : tandis que les Cordillères Américaines s'élèvent sur le bord ouest du bloc émergé dis-

joint, bord où n'est point indiqué de mer continentale, les chaînes sud-asiatiques se dressent en partie à la périphérie est de ce bloc sur l'emplacement de mers continentales ; ailleurs il n'y a pas trace de jeunes lignes de reliefs au contact des terres et des mers, mais en Europe et dans l'Asie antérieure des chaînes de montagnes se trouvent en plein cœur des masses continentales.

Au Quaternaire ancien, d'après Wegener, la coalescence des continents ne se fait plus que par le pourtour de l'océan Arctique, seule région où les mers continentales aient encore une certaine extension, avec la Malaisie et la Mélanésie. L'hypothèse wégénérienne se rapproche beaucoup alors de ce qu'admettent la plupart des géologues. Elle se concilie aisément avec les faits de dispersion de la faune holarctique et de large extension des glaciers pléistocènes.

Les données auxquelles il peut être fait appel pour l'examen critique de la théorie de Wegener sont de différents ordres. Il y a d'abord celles qui ont trait au monde vivant et à la succession des événements géographiques (paléontologie et stratigraphie) : de beaucoup les plus importantes, parce qu'elles sont les plus nombreuses et les plus indiscutables, elles rentrent dans le cadre général de la paléogéographie. Il y a ensuite les documents témoignant de variations météorologiques que l'on peut grouper en un chapitre spécial de paléoclimatologie : ils se déduisent de certains caractères des dépôts géologiques en relation directe avec l'action des agents atmosphériques. Il y a enfin les éléments pétrographiques et surtout tectoniques qui traduisent les mouvements d'origine interne de l'écorce terrestre : les problèmes très complexes que l'on peut envisager dans ces divers ordres d'idées se laissent aisément grouper, malgré leur diversité, en un chapitre de paléogéophysique.

III. LA PALÉOGÉOGRAPHIE DES TERRES ATLANTIQUES

A. Les migrations des faunes terrestres à travers les Terres Atlantiques.

Des relations étroites ont certainement existé, à maintes reprises, entre les milieux biologiques de l'Ancien et du Nouveau continents. Elles témoignent, en particulier dans le monde animal, de migrations dont l'histoire forme aujourd'hui l'un des chapitres les plus importants de la Géologie historique. Ces relations entre des associations d'êtres vivants, plus ou moins étroitement localisées à certains moments, sont aussi évidentes

que la continuité des zones de plissements à travers les océans, du moins en ce qui concerne l'Atlantique et l'océan Indien.

Pour expliquer ces anciens traits de jonction on imagine habituellement que des *ponts continentaux* assuraient jadis des liaisons terrestres que de récents affaissements ont fait disparaître sous les océans. Or l'émergence de ces anciens ponts déterminerait à l'heure actuelle, un déplacement de volume d'eau tel que la surface de la terre se trouverait tout immergée.

D'autre part, les données physiques fournies par l'isostasie s'opposent absolument à ce que soient considérées comme présentant un caractère continental ces zones d'effondrement récent sous les mers actuelles. Sur leur emplacement, comme ailleurs dans les océans, les caractères physiques du fond des mers apparaissent tout différents de ceux des profondeurs des terres aujourd'hui émergées.

Bien des géographes ou des géologues soutiennent d'ailleurs la thèse de la *permanence des océans*. Avant que fussent évoquées les preuves d'ordre purement physique, qui paraissent maintenant indiscutables, les naturalistes avaient fait valoir comme argument en faveur d'une telle conception l'absence totale des dépôts abyssaux dans les sédiments participant à la constitution des zones de l'écorce terrestre accessibles à nos investigations.

D'ailleurs les caractères topographiques du fond des océans sont tout à fait différents de ceux des continents et de la zone périphérique des terres émergées correspondant au seuil continental, zone dont l'immersion est certainement récente, pliocène ou quaternaire même selon toute vraisemblance. Le contraste saisissant qui existe par exemple entre le modelé de la plateforme bordière de l'Atlantique septentrional et les formes du terrain dans les grandes profondeurs de cette région océanique s'explique mal quand on songe à la jeunesse relative de l'affaissement sous les eaux salées de cette partie de la surface du globe. La théorie de Wegener se prête mieux à une conception génétique de l'ensemble géographique des terres et des mers nord-atlantiques.

L'étude synthétique des faunes terrestres, qui ont habité aux différentes périodes géologiques l'Amérique septentrionale et l'Europe, permet de saisir sinon le sens, du moins la succession détaillée des principaux épisodes de l'histoire de ces contrées. Les analogies fréquentes entre les organismes contemporains de part et d'autre de l'Atlantique actuel nous font entrevoir le problème dans toute sa complexité, complexité infiniment plus

grande que ne paraît l'imaginer Wegener. A maintes reprises au cours des périodes géologiques une liaison continentale souvent très directe s'établit entre les contrées cisatlantiques et transatlantiques, aussi bien entre les terres du Nord qu'entre celles du Sud. Aux époques très anciennes, il semble même que les connexions entre terres émergées affectent un caractère d'extrême généralité.

1. Ère primaire.

Si l'on se place au point de vue des faunes terrestres, les conceptions de Wegener offrent précisément une explication très heureuse de certains faits, par exemple du remarquable cosmopolitisme de plusieurs importants groupes de Stégocéphales du Carbonifère supérieur ou du Permien, les Rachitomes notamment, qui, à côté de genres de France, d'Allemagne et de Bohême, comme *Archegosaurus*, *Actinodon*, ou de Russie, comptent des types du Texas et du Nouveau-Mexique, *Eryops*, *Cacops*, *Trematops*, et des formes de l'Inde (*Archegosaurus ornatus*, *Gondwanosaurus*) et de l'Afrique du Sud (*Eryops africanus* ou *Rhinosuchus*, *Phrynosuchus*).

Nul doute qu'il s'agisse en l'occurrence d'animaux ne se déplaçant que lentement au prix de grandes difficultés, en raison du milieu spécial, voisinage plus ou moins immédiat du bord des nappes d'eau douce, où ils devaient rester confinés presque toute leur vie.

De ces données l'on peut conclure à l'existence : 1° d'une communication terrestre s'étendant de la Nouvelle-Écosse à l'Irlande ; 2° d'une liaison entre le Sud de l'Oural, le Cachemir et l'Afrique méridionale, probablement par l'Inde et les pays Kirghiz : il est possible que cette voie continentale ait passé par l'île du Thibet et le continent sino-sibérien.

Les faits de cosmopolitisme deviennent peut-être plus probants si l'on s'adresse à des Vertébrés du Trias. Ce même sous-ordre des *Rachitomes* a eu, au début des temps secondaires, notamment parmi la famille des Labyrinthodontes, des représentants nombreux au Spitzberg (*Aphaneramma*, *Lonchorhynchus*, *Trematema*, *Platystega*, *Peltostega*, *Lyrocephalus*, *Capitosaurus*), en Angleterre et en Allemagne (*Trematosaurus*, *Metopias*, *Cycloptosaurus*, *Capitosaurus*, *Mastodonsaurus*, *Hercynosaurus*, *Labyrinthodon*, *Plagiosaurus*, *Plagiosternum*), dans la Pennsylvanie, le Wyoming, la Caroline, l'Arizona (*Anaschisma*, *Dictyocephalus*, *Eupelor*, *Pariostegus*), dans l'Afrique du Sud (*Micropholis*, *Batrachosuchus*, *Bothriceps*, *Trematosaurus*, *Capitosaurus*, *Rhytidosteus*, *Ptychosphenodon*) et jusqu'en Australie (*Bothri-*

ceps) ; enfin des restes de Labyrinthodontes, de détermination insuffisante au point de vue générique, mais paraissant correspondre à au moins trois types différents, ont été signalés de l'Inde.

Parmi ces genres de Stégocéphales rachitomes triasiques, trois sont surtout remarquables par leur dispersion géographique : *Bothriceps* de l'Afrique du Sud et de l'Australie, *Trematosaurus* commun à l'Allemagne et à l'Afrique du Sud, *Capitosaurus* répandu du Spitzberg par l'Angleterre et l'Allemagne jusqu'à la colonie du Cap.

Des constatations tout à fait comparables à celles qui viennent d'être faites à propos des Stégocéphales peuvent être déduites d'une étude critique des divers groupements de Reptiles archaïques, notamment des *Théromorphes*.

Par exemple les *Cotylosauriens* comprennent à la fois des genres permien de la Russie du Nord (*Pareiasaurus*), de l'Allemagne (*Stephanospondylus*, *Phanerosaurus*), de la Pennsylvanie, du Texas, du Nouveau-Mexique (*Seymouria*, *Conodectes*, *Limnoscels*, *Captorhinus*, *Labidosaurus*, *Pantylus*, *Diadectes*, *Diasparactus*, *Chilonyx*, *Bolbodon*, *Diadectoides*, *Desmatodon*, *Animasaurus*, *Bolosaurus*), de l'Afrique du Sud (*Pareiasaurus*, *Propappus*, *Embrithosaurus*, *Eccasaurus*).

La dispersion géographique du genre *Pareiasaurus* et même plus spécialement du sous-genre *Bradysaurus*, commun au Permien de la Russie du Nord et de l'Afrique du Sud, témoigne incontestablement de l'unité faunique terrestre au Permien de toute l'Europe et l'Afrique du Sud : la migration de ces Reptiles du continent éthiopien vers l'Europe septentrionale a dû suivre, à peu près, le même itinéraire que celle des Stégocéphales, par les confins orientaux de l'île du Thibet, vers l'Indochine.

Comme parmi les Théromorphes, le sous-ordre des *Cotylosauriens* commun à l'Amérique et à l'Afrique, est aussi le groupement le plus archaïque et qui comprend deux subdivisions, les *Paréiasauriens* et les *Diadectosauriens* présentant à la fois des familles américaines et des familles africaines, il faut en conclure qu'il y a eu au Permien inférieur, ou à une période un peu plus ancienne, une liaison continentale entre le Texas et le Cap, peut-être par les Antilles, la Guyane et le Brésil.

Au Trias, on retrouve des représentants de ce sous-ordre en Écosse (*Elginia*, *Telerpeton*), en Allemagne (*Koiloskiosaurus*), en Suisse (*Sclerosaurus*), dans l'Afrique du Sud (*Procolophon*, *Telegnathus*) ; ces cinq derniers genres, très voisins les uns des autres et appartenant à une même famille, les Procolophonidés,

témoignent de connexions continentales particulièrement étroites entre l'Europe du Nord-Ouest et l'Afrique du Sud.

Bien d'autres groupes de Reptiles archaïques comptent encore des types communs à la colonie du Cap et la Russie du Nord.

Au nombre des *Thérocéphales*, parmi une trentaine de genres tous sud-africains, les uns permien, les autres triasiques, se place *Inostranzewia* du Permien du Nord de la Russie. De même la série des *Déinocéphales* compte une demi-douzaine de genres africains et tout autant de genres russes. Enfin parmi les *Dicynodontes* ou *Anomodontes*, à côté d'une quinzaine de genres permien ou triasiques sud-africains, prennent place un genre, *Lystrosaurus*, commun au Trias du Cap et de l'Inde, et deux autres, *Gordonia*, *Geikia*, spéciaux au Trias de l'Écosse, le premier se retrouvant dans la Russie du Nord.

Ainsi s'affirme dans presque tout le grand groupe des Théromorphes l'intime liaison continentale de l'Extrême-Nord de l'Europe et de l'Extrême-Sud de l'Afrique.

Les *Rhynchocéphales*, le second grand ordre de Reptiles archaïques, témoignent aussi d'une liaison continentale, entre les continents du Nord et du Sud, au Trias. Parmi les Rhynchosauridés, à côté de *Rhynchosaurus* du Trias d'Angleterre et de *Stenomelopon* du Trias d'Écosse prennent place *Hyperodapedon*, commun au Trias de l'Écosse et de l'Inde, et *Howesia* du Trias de l'Afrique du Sud. De même, à côté de *Brachyrhinodon* d'Écosse et de *Eifelosaurus* d'Allemagne, se place *Palacrodon* de l'Afrique du Sud, dans la famille des *Sphénodontidés*, qui subsiste au Jurassique supérieur dans l'Europe centrale (*Homoiosaurus*, *Ardeosaurus*) et vit encore en Nouvelle-Zélande, représentée par *Sphenodon* ou *Hatteria*.

L'aire de dispersion de l'ensemble des *Rhynchocéphales* anthracolitiques et triasiques engloberait l'Europe, l'Afrique du Sud, Madagascar et l'Inde : le seul survivant actuel de l'ordre est étroitement confiné dans quelques îlots du rivage de la Nouvelle-Zélande.

Au Carbonifère supérieur nous trouvons des Reptiles archaïques d'eau douce, les Mésosauriens ou Proganosauriens au Brésil, (São Paulo, Parana), dans le Paraguay, l'Uruguay, l'Afrique méridionale et orientale.

Parmi les Dinosauriens Théropodes, la famille des Platéosauridés comprend des types triasiques d'Europe (*Plateosaurus*, *Zanclodon*, etc.) et du Sud de l'Afrique (*Gryponyx*, *Euskelosaurus*). De même les Orthopodes comptent des types triasiques de l'Amérique du Nord (*Nannosaurus*) et de l'Afrique (*Geranosaurus*) dans la famille des Hypsilophodontidés.

Deux courants de migrations de Vertébrés terrestres se sont en somme établis dès la fin du Permien, avec comme centre de divergence l'Afrique australe et Madagascar.

L'un empruntait la voie du Brésil, de la Guyane, des Antilles, du Texas; du centre des États-Unis, de la Nouvelle-Angleterre, de la Nouvelle-Écosse et de l'Irlande. L'autre cheminait par l'Inde, l'Indochine ou le Thibet, la Sino-Sibérie, le Sud de l'Oural, la Russie du Nord et l'Écosse. La voie américaine serait peut-être la plus ancienne.

Toutes les faunes de Vertébrés primaires des vieilles aires de consolidation de Gondwana, Laurentia et Angora n'en offrent pas moins cependant entre elles des analogies qui ne peuvent s'expliquer que par la facilité des migrations. Il est indéniable que des liaisons terrestres se sont alors établies, qui recoupaient dans toute sa largeur le grand géosynclinal transverse s'étendant des Antilles à la Malaisie.

Une période géologique, surtout au Paléozoïque, correspond à un très long espace de temps. Or de grands changements géographiques ont marqué le cours de phases infiniment brèves, toutes proportions gardées, de l'histoire de la terre, comme par exemple le Quaternaire. L'on s'explique donc facilement que le Permien, avec ses trois périodes artinskienne, saxonnienne, thuringienne, ait vu s'accomplir des modifications profondes du contour des terres et des mers.

Ces modifications restaient d'ailleurs indépendantes du caractère tectonique des différents compartiments de l'écorce de notre globe : un géosynclinal continue à être un compartiment relativement mobile de l'écorce terrestre, même s'il est momentanément émergé en totalité ou en partie, cependant qu'un faible déplacement du rivage a pu créer de nouvelles connexions et favoriser des changements considérables dans le milieu vivant.

2. Ère secondaire.

La différenciation de provinces zoologiques continentales ne paraît guère accusée au Trias : un *Théropode*, *Thecodontosaurus*, se rencontre, par exemple, à la fois dans l'Amérique du Nord, l'Europe occidentale et centrale, l'Afrique du Sud, l'Inde, l'Australie. Apparu en Europe au début du Trias moyen, ce Reptile aurait pénétré dans l'Inde et en Australie au Trias supérieur, en Amérique et dans l'Afrique du Sud au Rhétien.

Megalosaurus offre encore une très large répartition au Jurassique et surtout au Crétacé dans l'Europe occidentale et centrale, Madagascar, l'Inde, l'Australie et le Brésil. D'autres

Théropodes, *Cœlurus*, *Dryptosaurus* sont communs au Crétacé de l'Amérique du Nord et de l'Europe occidentale, enfin des restes rappelant ceux d'*Ornithomimus* de l'Amérique du Nord ont été signalés du Tchad.

Deux *Sauropodes* jurassiques, *Pelorosaurus* et *Ornithopsis* se trouvent à la fois dans l'Europe occidentale et à Madagascar. Au Crétacé, *Titanosaurus* paraît être le Sauropode le plus répandu : on l'a indiqué dans l'Europe occidentale, l'Afrique orientale, Madagascar, l'Inde et la Patagonie. *Morosaurus* et *Pleurocelus* sont communs à l'Europe et à l'Amérique du Nord ; *Brachiosaurus* se trouve à la fois dans l'Amérique du Nord et l'Afrique Orientale.

Enfin parmi les Ornithopodes, deux genres, *Orthomerus* et *Stegosaurus* du Crétacé supérieur sont répandus à la fois dans l'Amérique du Nord et l'Europe.

Des familles entières de Dinosauriens sont localisées, les unes, *Atlantosauridés*, *Cératopsidés*, dans l'Amérique du Nord, les autres, comme les *Iguanodontidés*, en Europe. De même des genres spéciaux ont été signalés en Patagonie, d'une part, dans l'Afrique orientale, d'autre part. Toutes ces données témoignent d'une séparation déjà complète, à certaines phases du moins de l'ère secondaire, des quatre milieux biologiques, nord-américain, européen, patagonien et éthiopien.

3. Ère tertiaire.

La faune de Mammifères tertiaires la plus ancienne d'Europe est celle de Cernay, près d'Épernay, qui correspond à une phase de transition entre les faunes nord-américaines de Torrejon et de Wasatch, à l'époque des Tiffany beds du Nouveau-Mexique (Thanétien). A côté de quelques Mammifères archaïques, Multituberculés, Créodontes lémuroides, Condylarthres, s'en trouvent d'autres très spécialisés, quoique se rattachant encore à des groupes anciens, comme le Chiromyidien *Plesiadapis* qui représente, dans nos faunes du début du Tertiaire, un proche parent de l'Aye-Aye actuel de Madagascar, un Maki devenu déjà, en quelque sorte, par sa forme extérieure, son habitat et ses mœurs, un Écureuil. Mais à Cernay l'élément prédominant est déjà un groupe de Mammifères à physionomie assez jeune qui, avec *Pleuraspidothorium* et *Orthaspidothorium*, marque un stade intermédiaire entre les Préongulés et les vrais Ongulés ; ces Méniscothériidés séparés très tôt du phylum des Condylarthres sont en quelque sorte des Pseudo-condylarthres se rapprochant étonnamment des Damans actuels de la région

éthiopienne : *Hyrax* est sans doute un survivant de la série des Ongulés qui ont peuplé la terre avant l'essor des Périssodactyles et des Artiodactyles.

Les communications terrestres entre l'Europe et l'Amérique du Nord, interrompues par la transgression du Ludien-Priabonien, étaient assurées auparavant par une large bande de terres émergées réunissant les noyaux anciens de l'Écosse, de l'Islande, du Cornouailles, de l'Armorique, du Plateau Central et de la Meseta ibérique aux régions côtières occidentales de l'Amérique du Nord.

Dans la faune du Sparnacien de nos pays, les Multituberculés, les Arctocyonidés, les Méniscothériidés ont complètement disparu ; les Rongeurs (*Paramys*), les Périssodactyles (*Hyracotherium*) et les Amblypodes (*Coryphodon*) dont la région d'origine demeure inconnue, sont déjà complètement différenciés lorsqu'ils envahissent brusquement et simultanément de vastes régions tant dans l'Amérique du Nord qu'en Europe. Les Rongeurs correspondent à un groupe fort ancien dont l'individualisation remonte sans doute au Crétacé. Peut-être par contre les Périssodactyles résultent-ils d'une évolution locale de certains Méniscothériidés. Les Chiromyidiens (*Plesiadapis*) et les Mésonychidés (*Dissacus*, *Pachyæna*), continuent à évoluer. Tous ces Mammifères se retrouvent dans l'étage de Wasatch en Amérique. Les Condylarthres, déjà représentés dans l'étage de Torrejon, font seulement leur apparition en Europe au Sparnacien avec les genres *Hyopsodus* et *Phenacodus* également reconnus en Amérique.

La faune du Cuisien compte les premiers représentants en Europe des Artiodactyles (*Protodichobune*) et des Primates (*Protoadapis*), groupes qui ont fait leur apparition en Amérique dès le Sparnacien. La liaison continentale entre les parties septentrionales du Nouveau Monde et de l'Europe s'est donc maintenue constamment depuis le Thanétien jusqu'au Cuisien. Parmi les Périssodactyles, les Lophiodontidés font leur apparition, avec *Chasmodon* et *Lophiodon*, tandis que *Hyracotherium* est remplacé par un genre plus évolué (*Propachynolophus*). Au Cuisien, les Amblypodes, les Condylarthres, les Mésonychidés ont déjà disparu, comme *Plesiadapis* du groupe des Chiromyidiens.

À l'Éocène moyen et supérieur, on ne trouve à peu près plus, comme Mammifères, dans nos pays, que des types directement apparentés aux groupes actuels de cette classe. Cependant le Père Teilhard de Chardin a reconnu la présence de trois genres

archaïques dans les niveaux les plus inférieurs des phosphorites du Quercy, ces curieux remplissages des vieilles cavernes du Causse jurassique. *Paroxyclænus* est un Créodonte lémuroïde, très différencié qui représente le terme ultime de l'évolution d'un rameau détaché dès la base de l'Éocène de la souche commune des Procréodontes, des Codylarthres et des Lémuriens. *Heterohyus*, presque identique à *Apatomys* d'Amérique, appartient au groupe des Chiromyidiens, très polymorphe à l'Éocène inférieur, beaucoup plus homogène à l'Éocène moyen et supérieur. *Protoadapis* s'éloigne du type *Lemur-Adapis* de l'Ancien Continent et confine au type américain *Notharctus*.

Les Mammifères à physionomie archaïque des phosphorites du Quercy se retrouvent dans le Lutétien supérieur et dans le Ludien inférieur de diverses localités de l'Europe occidentale. Tandis que les Ongulés témoignent alors de l'isolement relatif des continents européen et américain, les Carnassiers et les Primates de la faune ancienne des phosphorites rappellent tout à fait des formes américaines. Au milieu d'une faune de l'Éocène moyen et supérieur composée de formes spéciales, surtout parmi les Ongulés, ayant immigré indépendamment en Europe et dans l'Amérique du Nord, aurait persisté une faune résiduelle à cachet éocène inférieur comprenant des types communs aux deux continents, à moins que, comme je serais plutôt tenté de le penser devant l'identité générique de Mammifères différenciés après le Cuisien, une communication temporaire n'ait été rétablie au Bartonien entre les deux tronçons de l'ancien continent nord-atlantique.

Les Insectivores zalambdodontes, représentés au Sannoisien aux États-Unis par les genres *Apternodus*, *Micropternodus*, etc., disparurent du territoire nord-américain dès le Miocène moyen. Ils trouvèrent vraisemblablement alors un refuge aux Antilles, où vit encore un seul genre, *Solenodon*, propre à Cuba et à Haïti. Les autres types actuels de ce groupe d'Insectivores habitent le Congo, le Cap et Madagascar. La répartition géographique ancienne et actuelle de ces quadrupèdes témoigne donc de l'existence, à l'Oligocène, d'une liaison continentale entre l'Amérique du Nord, les Indes occidentales, l'Afrique et Madagascar.

Cette zone de soudure continentale entre l'Europe et l'Amérique, qui s'étendait vers la latitude de l'Angleterre, de la France septentrionale, du Maryland et de la Californie au début du Nummulitique, aurait été limitée, à la fin du Nummulitique, à l'Aquitaine et aux contrées riveraines de la Méditerranée, d'une part, à la Floride, aux Antilles et au Brésil, d'autre part : elle comprenait les Açores, Madère et les Canaries.

Les formations marines néritiques du Néogène en Europe, en Afrique et en Amérique semblent témoigner encore de l'existence d'une zone continentale, au moins intermittente, à travers l'Atlantique; îles et hauts fonds auraient alors fait partie d'une aire continentale coupée de chenaux lors des grandes régressions géosynclinales, à l'Aquitaniien et au Pontien. C'est par cette voie, correspondant peut-être à un géanticlinal secondaire de la zone axiale du grand géosynclinal transverse, que se serait effectuée une partie des migrations de Mammifères d'Europe et d'Afrique en Amérique, ou inversement.

Le groupe de Mammifères américains dont l'évolution a pu être reconstituée avec le plus de précision, celui des Hippidiens, compte dans le Nouveau Monde, au début des temps miocènes, plusieurs genres dont un, *Kalobatippus*, se rattache étroitement à des types européens. L'une des espèces de cette série de formes, *K. præstans* a été observée sur la côte du Pacifique, dans l'Orégon. Une autre, *K. agatensis*, qui semble plus évoluée, a été découverte dans le centre des États-Unis (Nebraska). Ce genre d'Équidé aurait, au cours de son développement, émigré des rives du Pacifique vers le Mississippi pendant l'Aquitaniien récent. Son proche parent, *Anchitherium aurelianense*, apparaît en France, dans l'assise de base du Burdigalien, où il est représenté par une forme de faibles dimensions, *A. aurelianense blesense* à laquelle succèdent des types de plus grande taille. C'est seulement à l'Helvétien que *A. aurelianense* semble s'être répandu dans l'Europe centrale. Inconnu dans la série miocène de l'Inde, *Anchitherium* se retrouve en Chine, mais seulement dans le Pontien.

Ainsi l'ensemble *Kalobatippus-Anchitherium* aurait immigré de la côte pacifique au Mississippi à l'Aquitaniien, puis en Europe, par l'Atlantique central, au début du Burdigalien, enfin en Chine au Pontien.

A l'aurore du Miocène se produisirent aussi des migrations de l'Ancien vers le vers le Nouveau Monde. Un Proboscidiien, *Mastodon (Trilophodon) conodon*, originaire d'Afrique, arrive en Amérique au Burdigalien. Ce Pachyderme du Nebraska est remarquable par ses dents à émail très mince, rappelant celles de *Palæomastodon Beadnelli* de l'Oligocène du Fayoum. Les Mastodontes, originaires d'Égypte, seraient donc d'abord venus en Berbérie, puis aux États-Unis, au Burdigalien.

La liaison continentale de l'Amérique, de l'Afrique et de l'Europe, rompue par la grande transgression géosynclinale helvétique, fut rétablie par la régression sarmatienne-pontienne; elle se maintint plus ou moins complète jusqu'à l'Astien.

Des quatre sections du genre *Hipparion* distinguées dans le Nouveau Monde, celles de *H. occidentale* et de *H. gratum* seraient propres à l'Ouest de l'Amérique ; au contraire, les groupes de *H. plicatile* et de *H. venustum* comprennent toutes les espèces pontiennes de la Floride, de la Caroline du Sud, de l'Europe, de l'Asie et de l'Afrique.

Or le plus petit *Hipparion* de la Floride, *H. minor*, est en même temps celui qui présente la taille la plus faible de tout le genre. Il est peut-être un descendant assez direct de l'ancêtre des *Hipparion* de l'Amérique et de l'Ancien Monde. Ce groupe d'Hippidiens se serait différencié en Floride, puis aurait gagné au Sarmatien-Pontien, d'une part, l'Ancien continent, par les terres émergées qui s'étendaient des Antilles à la Méditerranée, d'autre part, les Grandes Plaines et la Californie.

C'est aussi par la voie atlantique qu'a immigré dans l'Ancien Monde le genre *Hystrix*. Ce Rongeur, originaire de l'Amérique du Sud, n'a pas dû passer par l'Amérique du Nord, presque aucun Mammifère de La Plata n'ayant pénétré dans cette contrée entre le Montien et l'Astien. La famille des Hystrioides était représentée au Miocène inférieur en Patagonie, par les genres *Aceramys* et *Steiromys*, apparentés aux types actuels de l'Argentine. La migration des Porcs-épics de l'Amérique du Sud en Afrique, puis en Europe, se serait effectuée vers l'époque pontienne.

Lorsqu'à l'Astien les communications devinrent faciles entre les deux Amériques par la soudure des Antilles et de la Floride aux Guyanes et à la Géorgie, l'on vit des Carnivores nord-américains arriver dans la Néogée : les Procyonidés, qui habitaient les États-Unis depuis le Burdigalien (*Phalaocyon*) et y vivaient encore au Pontien (*Leptarctos*), gagnèrent simultanément, d'une part, l'Argentine (*Cynonasua*, *Amphinasua*, *Pachynasua*), d'autre part, l'Angleterre et l'Allemagne (*Parælurus*) au Pliocène ancien et moyen.

B. L'histoire géologique de l'Atlantique.

Toutes ces données paléontologiques témoignent de l'intime liaison continentale de l'Europe et de l'Amérique du Nord d'une part, de l'Afrique et de l'Amérique du Sud, d'autre part, pendant de longues périodes géologiques. Cette conclusion se dégage nettement des connaissances aujourd'hui acquises en stratigraphie et en paléontologie. A maintes reprises, au cours des temps primaires et secondaires, des digitations plus ou moins importantes de l'océan Arctique se sont bien avancées en Europe, en Amérique ou dans les zones intermédiaires, mer de Norvège

entre la Scandinavie et le Groenland, mer de Baffin entre le Groenland et les Terres arctiques du Nouveau Monde; mais elles gardèrent un caractère transitoire et ne se fusionnèrent pas avec l'Atlantique tropical.

Toutefois la transgression du Crétacé moyen, si accusée dans nombre de régions faisant partie des aires continentales, fut certainement l'un des facteurs de la disjonction du continent africano-brésilien : des mers néritiques dépendant de l'Atlantique central atteignèrent alors, d'une part, le Nord-est du Brésil, d'autre part, non seulement le Soudan central, mais encore le fond du golfe de Guinée et le littoral congolais.

Au Brésil, dans la province de Sergipe, on trouve un Cénomanién, dont la faune rappelle celle de l'Europe et de l'Inde, puis un Turonien dont les organismes sont apparentés à ceux du Nord de l'Afrique, de la péninsule Ibérique et même de la Touraine. Les Ammonites du genre *Vascoceras* sont connues de la Tunisie centrale, du Sud algérien, de la Vieille Castille, de l'Ouest du Portugal, du Brésil et du Pérou, comme d'ailleurs aussi du Soudan français. Tandis qu'au Cameroun, le Turonien paraît transgressif sur le granite et supporte le Coniacien, dans l'Angola, le Crétacé marin débute par de l'Albien et se continue par le Cénomanién et le Turonien. Le Crétacé moyen du Cameroun rappelle étonnamment celui de la Tunisie, de la Touraine et aussi de l'Inde. On a admis qu'une communication marine directe existait entre la Tunisie et le Cameroun, au Coniacien notamment, mais bien des formes congolaises se retrouvent dans la péninsule Ibérique et en Touraine. On peut donc interpréter également ces faits comme l'indication d'une liaison par l'Atlantique entre l'Europe occidentale, le Nord de l'Afrique et le Congo. D'autre part les analogies de la faune du Brésil et de la Touraine sont favorables à cette dernière manière de voir.

En somme une large amorce de l'Atlantique du Sud s'avancant vers le Nord-est du Brésil, le Soudan et le Congo se dessine à l'Albien, au Cénomanién, au Turonien et au Coniacien. Au Maestrichtien une mer à affinités méditerranéennes existe encore au Soudan, en Angola et nous n'avons pas de raison de croire qu'elle ne prolonge pas dans le temps celle du Crétacé moyen. Pendant cette même période se produisit également une invasion marine sur le continent nord-atlantique, invasion qui gagna, du centre des Etats-Unis, le Groenland occidental.

Les documents récemment rapportés de la zone littorale du Congo belge ont démontré l'existence, dans cette région, de dépôts marins montiens, dont la faune de Mollusques offre d'inté-

ressantes analogies avec celles du calcaire de Mons (*Ampullina tapina* cf. *Julia* ; *Clinuropsis Diderrichi* cf. *ampla*), de la glauconie de Copenhague (*Clinuropsis Diderrichi* cf. *Mörchi*) et des calcaires du gisement de Maria Farinha dans la province de Pernambouc (*Turritella mayombica* cf. *soaresana* ; *Clinuropsis Diderrichi*).

Un Reptile du Montien du Congo, *Congosaurus Bequaerti* est un des rares Téléosauriens postjurassiques que nous connaissions. Il se place à ce point de vue à côté de *Teleorhinus Browni* du Turonien du Montana (États-Unis) et surtout de *Dyrosaurus* du Montien du Maroc, de l'Algérie, de la Tunisie, du Soudan et du Togo. L'ensemble de ces genres se réfère évidemment à un grand Atlantique allant du Nord-Ouest des États-Unis à l'Ouest africain.

L'océan, à l'époque montienne, isolait sans doute déjà en grande partie l'Europe du Nouveau Monde. Les faunes de Mammifères du Paléocène nord-américain (Puerco et Torrejon) n'ont pas d'équivalents dans nos pays, où nous ne connaissons les Euthériens qu'à partir du Thanétien-Cernaysien (étage correspondant aux Tiffany beds). Par contre un certain nombre de types du Puerco, des Multituberculés, des Édentés, des Créodontes, des Condylarthres, se retrouvent dans le Notostylopéen de Patagonie : il y avait donc une communication continentale directe à l'aurore des temps tertiaires entre le Mexique et l'Argentine.

Les faunes de Reptiles terrestres nous font entrevoir des connexions fort complexes. Les deux Dinosauriens subsistant au Montien en Europe (St Chinian) appartiennent à des genres *Titanosaurus* et *Dryptosaurus*, trop cosmopolites et d'apparition trop ancienne pour pouvoir être utilisés dans une tentative de reconstitution paléogéographique. En Patagonie on retrouve à la même époque encore *Titanosaurus* avec *Genyodectes*, type spécial de Dinosaurien, *Notosuchus*, représentant les Crocodiliens et *Miolania* les Chéloniens.

Genyodectes rappelle plus ou moins des genres nord-américains du Danien comme *Tyrannosaurus* et d'ailleurs aussi des types plus anciens du Jurassique (*Ceratosaurus*, *Allosaurus*, etc.)

Notosuchus a aussi l'aspect d'un type fort ancien : on le rapproche : 1° de *Bernissartia* du Wealdien de Belgique ; 2° de *Goniopholis* du Wealdien de Belgique et d'Angleterre, probablement aussi, d'après une découverte de Louis Gentil, du Berriasien de l'Oranie (Lamoricière), genre qui existait déjà au Jurassique supérieur continental dans l'Amérique du Nord (Wyoming).

Miolania révèle des relations avec l'Australie sur lesquelles je reviendrai par la suite.

Une autre Tortue trouvée au Congo, avec *Congosaurus*, *Podocnemis congolensis* est le plus ancien représentant d'un genre de Chéloniens pleurodires dont la répartition géographique et stratigraphique est très intéressante. A l'Éocène inférieur ce genre se répand de l'Angleterre à l'Inde ; à l'Éocène supérieur, à l'Oligocène inférieur et au Miocène inférieur on le trouve en Égypte ; au Burdigalien il est aussi connu de Malte. *Podocnemis* est confiné aujourd'hui dans les eaux douces de la Guyane et du Brésil septentrional (6 espèces), ainsi qu'à Madagascar (1 espèce). Le gisement du Montien congolais raccorde très heureusement cette aire disjointe sud-américaine-malgache actuelle à travers les régions atlantiques tropicales, d'où *Podocnemis* est sans doute originaire. De ces contrées où a dû s'effectuer son adaptation à la vie des eaux douces, cette Tortue a atteint l'Europe et l'Inde.

L'Atlantique, au Montien, gagnait au nord sur nos côtes jusqu'à la latitude de la Manche, au Sud jusqu'à celle du Congo. En France, comme en Afrique équatoriale, il ne pénétrait guère à l'intérieur ; dans le bassin de Paris il s'avancait dans des chenaux localisés sur l'emplacement des anciennes vallées et sans doute en était-il de même en Belgique, Danemark, Russie ; au Congo la mer débordait à peine alors au delà de la côte actuelle. Mais dans les régions intermédiaires, aussi bien dans la zone pyrénéenne que dans l'Afrique septentrionale et occidentale, la mer paraît alors avoir eu une large extension.

La partie nord de l'Atlantique diminue sans doute d'étendue au début de l'Éocène proprement dit (Thanétien), puisque les faunes de Mammifères sont alors très comparables dans l'Amérique septentrionale et en Europe.

L'histoire des mers sud-américaines commence à être assez bien connue, grâce aux travaux d'Ameghino. Des trois étages marins du Guaranien de Patagonie, terme de passage du Crétacé au Tertiaire, l'inférieur ou Rocanéen équivaut au Maestrichtien, le moyen ou Salamanquéen, au Danien, et le supérieur ou Séhuénéen, au Montien. Le Rocanéen et le Salamanquéen sont en continuité, tandis qu'une lacune importante sépare ce dernier étage du Séhuénéen. La série continentale contemporaine ou Guaranien comprend aussi trois niveaux : le Préhuenchéen qui correspond au Rocanéen (Maestrichtien), le Notostylopéen et l'Astraponotéen, qui viennent s'intercaler entre le Salamanquéen et le Séhuénéen. Ainsi, dans la série sud-américaine, comme dans la série nord-américaine, le Paléocène doit être parallélisé avec un

important système de couches continentales et marque certainement une longue période géologique. Le Notostylopéen est synchrone du Puerco avec lequel il présente des affinités fauniques marquées. L'Astraponotéen est peut-être l'équivalent du Torrejon : dès ce moment s'était effectuée la séparation des deux Amériques.

Le Pyrothérien est un étage continental qui comble la grande lacune séparant dans la série marine le Guaranien du Patagonien : il correspondrait à tout notre Éocène.

On trouve ensuite de nouveau dans l'Amérique du Sud, une double succession d'assises, marines d'une part, continentales de l'autre. L'ensemble marin continu du Patagonien, que l'on a tenté de subdiviser en Camaronien, Julien, Néonien et Superpatagonien, est généralement rapporté au Néogène inférieur ; cependant plusieurs géologues en ont fait de l'Oligocène. Je crois que l'on pourrait y voir l'équivalent, à la fois, de notre Tongrien et de notre Aquitanien. Ses sédiments ont eu une grande extension de la Patagonie et du Chili à la Terre de Feu et aux îles Seymour. Sa faune a un caractère nettement atlantique, témoignant cependant aussi d'affinités néozélandaises et, aux îles Seymour surtout, de caractères antarctiques. Un continent séparait certainement alors ce milieu marin de celui de la Californie avec lequel il ne présente aucune forme commune ; ses affinités les moins discutables sont celles qui rappellent les faunes néogènes de nos pays. Nous aurions dans ces faits l'indication de l'existence au Tongrien et à l'Aquitaniien d'un continent africano-brésilien, dont les deux compartiments sud-américain et éthiopien étaient alors en étroite connexion continentale. Ce continent aurait été peuplé par les faunes terrestres synchroniques du Patagonien, c'est-à-dire par les animaux retrouvés fossiles dans le Téquien, le Colpodonien, l'Astrapothériculien et le Notohippien. L'existence de deux lacunes stratigraphiques entre les trois derniers de ces étages témoigne de transgressions marines sur le continent sud-atlantique.

On sait que les Proboscidiens et les Hyracoïdes qui sont abondamment représentés dans l'Oligocène du Fayoum (Égypte) ont été rapprochés de types sud-américains. La série *Carolozitellia-Panlogervaisia* du Notostylopéen se continuant par *Paulogervaisia-Promeritherium-Propyrotherium* de l'Astraponotéen aboutit au Pyrotherien à *Parapyrotherium-Pyrotherium-Ricardowenia-Archæolophus* offrant des affinités avec *Meritherium*, *Palæomastodon* et *Dinotherium* d'Afrique, comme d'ailleurs aussi avec l'Amblypode taligrade *Pantolambda* du Torrejon (Montien supérieur du Nouveau Mexique).

Les affinités sont moins nettes entre les Hyracoïdes et la série *Acœlodus-Oldfieldthomasia-Eohyrax-Acœlohyrax* etc. du Notostylopéen, *Archæohyrax*, de l'Astraponotéen et du Pyrothérien. Pour bien des auteurs ces types se rattachent aux Typothériens, Ongulés spéciaux à l'Amérique du Sud.

Quoi qu'il en soit, on peut être tenté de voir, en s'appuyant surtout sur *Pyrotherium*, genre aujourd'hui bien connu, une preuve de la jonction continentale par les régions sud-atlantiques, de l'Argentine et de l'Éthiopie, à l'Oligocène. On sait qu'il en était précisément de même au Tongrien des régions nord-atlantiques et que les faunes de Mammifères de l'Europe et de l'Amérique du Nord bien différentes les unes des autres depuis le Sparnacien témoignent de nouveau d'affinités incontestables au Sannoisien.

En Europe comme en Amérique, il y a continuité d'évolution dans la faune terrestre du Sannoisien à l'Aquitaniien, et c'est seulement au Burdigalien qu'un important changement se produit, conséquence d'une liaison terrestre facile entre l'Europe, l'Asie et l'Afrique. Je me suis efforcé de montrer que la jonction terrestre se maintint encore entre l'Europe et l'Amérique du Nord et qu'elle est particulièrement aisée au Pontien.

Mais il ne se passe rien de comparable alors, dans le Nouveau Monde, à ce que nous voyons se produire entre l'Europe et l'Indo-Afrique. La séparation reste profonde entre le milieu continental patagonien et les États-Unis : c'est seulement à l'Astien qu'il y aura de nouveau soudure par la chaîne des Petites et des Grandes Antilles et par la Floride.

Entre l'Amérique méridionale et l'Afrique, la séparation marine, due à l'avancée de l'Atlantique moyen vers le Sud, depuis la fin des temps crétacés jusqu'au début de l'Éocène supérieur, est sans doute moins accusée à l'Oligocène dont on ne connaît pas de dépôts marins sur la côte d'Afrique. En Patagonie au même moment évoluait une faune marine bien différente de celle qui peuplait alors la Mésogée. Mais à l'Aquitaniien, l'Atlantique central revient sur la côte d'Afrique et bientôt les faunes patagonienne et mésogéenne arrivent à être identiques les unes aux autres.

La faune marine patagonienne du Tongrien et de l'Aquitaniien envahit ainsi brusquement les mers méditerranéennes lors de la rupture définitive de l'ancienne connexion continentale entre le Brésil et l'Afrique à l'extrême-début de l'Aquitaniien, par conséquent à l'aurore de la transgression miocène.

Si la formation de l'Atlantique sud, tel que cet océan se pré-

sente aujourd'hui, paraît ainsi dater seulement du commencement du Néogène, l'établissement de l'Atlantique nord avec sa physionomie actuelle, est un peu plus récent. Depuis le Callovien, il est vrai, les faunes marines de l'Europe moyenne avaient, à diverses reprises, compté des éléments arctiques parvenus dans nos régions par deux bras de mer intermittents, dont l'un occupait la zone d'ennoyage des plis hercyniens entre la Grande Bretagne et la Scandinavie, l'autre s'étendant plus ou moins largement à l'Est du bouclier baltique. Mais c'est seulement vers la fin des temps crétacés que commencent à se dessiner des invasions marines successives qui donneront finalement naissance à l'Atlantique nord. Cet océan néanmoins n'acquérera que très tardivement sa physionomie actuelle. Sa formation entraînera, comme celle de l'Atlantique sud, une modification profonde dans les faunes européennes. De même que les faunes marines nummulitiques de nos pays avaient été refoulées dans la mer des Indes par les faunes néogènes venues de la zone antarctique patagonienne, de même ces dernières devaient à leur tour, refluer vers l'océan Indien au Pliocène et au Quaternaire, lorsque s'établit définitivement l'Atlantique nord : par cette nouvelle étendue océanique, les faunes boréales ont, bien plus largement que par le passé, accru leur domaine dans nos mers.

Un curieux parallélisme peut donc être établi entre l'évolution géographique des faunes océaniques et des faunes terrestres à travers les régions atlantiques et circatlantiques. Les Euthériens tertiaires semblent arrivés dans nos pays venant en dernier lieu de l'Amérique du Sud, comme les faunes néogènes marines venaient de Patagonie. Les Mammifères holarctiques sont originaires des contrées boréales, comme les éléments nouveaux observés dans nos mers au Pliocène et au Quaternaire.

IV. LA PALÉOGÉOGRAPHIE DES TERRES INDO-ANTARCTIQUES

A. Les migrations des faunes terrestres à travers les Terres Indo-Antarctiques.

Au Sud-Est de l'Ancien Continent s'étendent aujourd'hui des terres largement isolées les unes des autres, dont les principales, Madagascar, l'Australie, l'Antarctide, se rattachent plus ou moins intimement à l'Inde par leur histoire géologique ancienne. D'autres offrent encore aujourd'hui d'étroites affinités physiques et biologiques avec les grandes péninsules asiatiques : tel est le cas notamment de la Malaisie, si souvent groupée

avec les parties voisines du continent asiatique sous le nom d'Indomalaisie. Ces régions, situées presque entièrement au Sud de l'équateur, correspondent en grande partie à un vieux continent, sur l'emplacement duquel se creuse maintenant l'océan Indien ; les caractères fauniques spéciaux de ces terres émergées témoignent tout particulièrement de l'importance en paléobiogéographie, des *facteurs disjonctifs*.

L'isolement successif a maintenu ici dans chaque île des types affines de formes fossiles : les liens de parenté entre les uns et les autres remontent à des époques d'autant plus anciennes que la disjonction nous apparaît comme plus éloignée.

La flore et la faune de la fin de l'ère primaire nous révèlent même une antique coalescence encore plus large des terres équatoriales et antarctiques sous la forme d'un vaste continent, le continent de Gondwana englobant le Brésil, l'Afrique, Madagascar, l'Inde, l'Australie et l'Antarctide. Ces données entraînent ainsi à admettre l'existence au Paléozoïque d'une énorme zone émergée, dont l'élévation au-dessus des eaux est difficilement conciliable avec le volume actuel des Océans. Ici, plus nettement que pour les régions atlantiques, la disjonction de la masse continentale se présente avec une gradation remarquable. Aussi pour expliquer l'histoire des régions indo-antarctiques, la théorie de Wegener, fortement amendée, d'ailleurs, semble-t-elle particulièrement séduisante.

Cette coalescence des anciens continents apparaît avec les premières faunes et flores terrestres de l'hémisphère sud accessibles à nos investigations et présentant déjà une remarquable généralisation. Les observations faites précédemment, à propos du cosmopolitisme des Batraciens et des Reptiles archaïques acquièrent une forme plus nette encore lorsqu'on envisage des Végétaux, notamment les Ptéridospermées dont la large dispersion géographique serait aisément explicable dans l'hypothèse du géophysicien allemand.

La flore dite à *Glossopteris*, dont les peuplements s'étendaient sur l'Afrique australe, Madagascar, l'Inde péninsulaire, l'Australie, les îles Falkland, l'Argentine et le Sud du Brésil, se retrouve, en effet : 1° dans la zone du géosynclinal himalayen, au Cachemir ; 2° dans la zone du géosynclinal de l'Altaï et dans l'Ouest du continent sibérien, aux environs d'Irkoutsk ; 3° dans l'Est du continent nord-atlantique, au Nord de la Russie, dans le bassin de la Dwina.

Ces éléments paléophytologiques confirment donc pleinement l'existence d'une communication entre les continents austraux

et boréaux à travers la Thetys, pour le moins dans l'Asie méridionale, dans les régions où précisément le grand géosynclinal transverse affecte peut-être son caractère le plus accusé à la fin des temps primaires. Il est impossible qu'il y ait la continuité latérale et en hauteur de la sédimentation bathyale que certains auteurs pensent devoir exister dans le géosynclinal asiatique à l'Anthracolithique.

Tandis que s'établissaient ainsi des communications terrestres entre les continents de Gondwana et sino-sibérien, vers le Cachemir, entre l'Angara et l'Europe, vers les steppes Kirghiz où le Carbonifère supérieur est lagunaire, une flore toute différente de celle à *Glossopteris*, la flore houillère occupait à la fois l'Europe occidentale et l'Est de l'Amérique du Nord.

Des aires de dispersion très analogues à celle de *Glossopteris* existent cependant encore aujourd'hui ; c'est le cas notamment pour les Péripates, tantôt placés à la base de la série des Insectes, tantôt considérés comme des Myriapodes très archaïques, mais dont on tend plutôt à faire aujourd'hui des Vers annelés passés de la vie marine à la vie terrestre. Leur adaptation au milieu continental remonte évidemment à une haute antiquité géologique, à une époque où l'Australie, Madagascar, l'Afrique et l'Amérique du Sud étaient encore unies en un vaste continent : ils furent sans doute du nombre des animaux qui émigrèrent de la zone littorale sur la terre ferme à l'époque des grandes régressions marines de la fin de l'ère primaire.

Les Cécilidés ont une répartition actuelle qui fait aussi songer par son étendue à l'ancien continent de Gondwana. Si ils manquent, en Australie et à Madagascar, on les connaît par contre des Seychelles et des Amirantes de l'Inde méridionale (Bombay et Madras à Ceylan) et orientale (Est de Calcutta), de l'Indochine, de Bornéo, Sumatra, Java, où l'on n'a pas signalé de Péripates ; enfin ils existent aussi dans l'Afrique tropicale (Konakry et Mombassa à Loanda et Mozambique) et l'Amérique du Sud (Tehuantepec à Bahia Blanca).

Nombreuses sont les familles d'Ophidiens et de Lacertiliens dont l'aire de dispersion actuelle semble encore témoigner de l'antique extension du continent de Gondwana : la distribution géographique de la plupart d'entre elles s'étend, d'ailleurs, à plusieurs archipels de l'Océanie, comme si le socle polynésien notamment avait aussi fait jadis partie du vieux bloc continental du Sud.

Tel est le cas, parmi les Ophidiens : 1° des Élapidés de l'Amérique du Sud, l'Afrique, l'Inde, l'Australie (et aussi des

Nouvelles-Hébrides, Fidji, Carolines, Japon) ; 2° des Dipsadomorphidés de l'Amérique du Sud, l'Afrique, Madagascar, l'Inde, l'Australie (et aussi des Carolines) ; 3° des Boidés de l'Amérique du Sud, l'Afrique, Madagascar, Maurice, l'Inde (et aussi de la Nouvelle-Guinée, Célèbes, les Nouvelles-Hébrides, Fidji, Ellice, Samoa) ; 4° des Pythonidés de l'Afrique, l'Inde, l'Australie ; 5° des Typhlopides de l'Amérique du Sud, l'Afrique, Madagascar, Maurice, l'Inde, l'Australie ; — parmi les Lacertiliens, 1° des Chaméléontidés de l'Afrique, l'Arabie, la Syrie, l'Anatolie, les Balkans, l'Andalousie, Madagascar, Maurice, les Comores, Seychelles, Ceylan, l'Inde ; 2° les Anélytropidés du Mexique, de l'Afrique, de Madagascar ; 3° les Varanidés de l'Afrique, l'Inde, l'Australie ; 4° les Iguanidés de l'Amérique du Sud, Madagascar (et aussi des Fidji, Tonga, Galapagos) ; 5° les Agamidés de l'Afrique, l'Inde, l'Australie (et aussi des Nouvelles-Hébrides, Fidji, Nouvelle-Calédonie) ; 6° les Eublepharidés du Mexique, de l'Amérique centrale, de l'Équateur, de l'Afrique occidentale, la Somalie et l'Inde ; 7° les Geckonidés de l'Amérique du Sud, Madère, Canaries, Cap Vert, Ascension, Sainte-Hélène, Afrique, Madagascar, l'Inde, l'Australie (et aussi de Revilea Giledo, Galapagos, la Nouvelle-Zélande, les Fidji, Nouvelles-Hébrides, Marshall, Sandwich).

L'un de ces groupes, les Iguanidés, par exemple, remonte au Trias dans l'Afrique du Sud. C'est sans doute vers la fin des temps primaires qu'ont dû ainsi s'individualiser la plupart de ces familles de Reptiles à aires de dispersion du type de Gondwana.

A ces êtres vivants anciens ou actuels, dont la distribution géographique se lie à l'antique coalescence du continent de Gondwana, s'opposent les organismes témoignant de la séparation de la terre africano-brésilienne et du bloc australo-indomalgache. Les Droméognathes (Ratites) forment trois groupes. Les Casoars et Emeus de l'Australie et de la Nouvelle-Guinée, *Apteryx*, *Dinornis* et les types intermédiaires de la Nouvelle-Zélande, enfin *Æpiornis* et *Mullerornis* de Madagascar présentent tous entre eux des affinités plus ou moins étroites : ce premier groupe est connu à l'état fossile du Quaternaire de l'Australie, avec *Genyornis* se rattachant à *Dromæus* et *Casuarius* tandis que *Aptornis* serait en rapport avec *Dinornis*. *Æpiornis* et *Mullerornis*, ce dernier d'une façon plus douteuse, semblent eux-mêmes en relations avec *Hypselornis* du Néogène de l'Inde, qui vient compléter le caractère australo-indomalgache du groupe. Au contraire, les Autruches constituent un vieux type éthio-

pien déjà représenté à l'Oligocène au Fayoum par *Eremopezus* et les Nandous correspondent à un troisième groupe spécial à la Notogée dont *Protorhea* est le représentant au Néogène en Patagonie. Les Droméognathes des terres australo-indo-malgaches par leur stade d'évolution témoigneraient de l'âge post-mésozoïque, quoique fort ancien, de la dissociation définitive de ce vieux continent.

Les éléments caractéristiques de la faune des Mammifères quaternaires et actuels de Madagascar peuvent être répartis eux-mêmes en un petit nombre de groupes :

Les *Centétidés* sont des Insectivores voisins de types actuels de l'Afrique orientale (*Potamogale*) et des Antilles (*Solenodon*) et de genres fossiles du Thanétien du Nouveau Mexique (*Palæoryctites*) et du Sannoisien du Montana (*Apternodus*, *Micropternodus*). Ils présentent des affinités plus lointaines avec *Chrysochloris* qui vit dans l'Afrique méridionale, *Xenotherium* du Sannoisien du Montana, *Arctoryctites* du Burdigalien du Dakota et *Necrolestes* du Néogène inférieur de Patagonie. L'un des Centétidés de Madagascar, *Geogale aurita*, qui confine à *Potamogale*, est le plus petit Mammifère connu. Les Centétidés, par certains caractères, rappellent les Marsupiaux et par d'autres, les Carnivores ; *Centetes* se retrouve aux Comores, à La Réunion et à Maurice.

Crocidura madagascariensis est une petite Musaraigne appartenant à la section *Pachyura* ; ce groupe très archaïque compte 50 % de formes insulaires répandues sur le pourtour de l'océan Indien. *Crocidura* était déjà individualisé à l'Helvétien (Sansan).

Cryptoprocta ferox est un Viverridé qui se rapproche des Félidés. Il se relie très directement à *Proælurus lemanensis* du Stampien du Quercy et de l'Aquitainien de Saint-Gérard-le Puy, lui-même un peu plus évolué que *P. medius* du Sannoisien du Quercy.

Fossa fossa est une Civette assez voisine de *Viverricula*, sous-genre répandu dans l'Inde, du Radjpoutana à Malacca, à Ceylan, Java, Formose et dans la Chine méridionale : l'espèce de Ceylan et de Java se retrouve à Socotora, sur la côte de Zanzibar, aux Comores et à Madagascar, où on la dit d'introduction récente ; cependant elle y a été rencontrée à l'état subfossile et elle y présente des caractères assez particuliers, qui ont déterminé certains auteurs à en faire une sous-espèce spéciale. Le plus ancien *Viverra* connu est celui de l'Helvétien de Sansan.

Quatre genres d'*Herpestinés* spéciaux à Madagascar sont

voisins de la série des Mangoustes africaines. L'un deux *Eupleres* offre certains caractères de Marsupiaux ou d'Insectivores. Le genre *Herpestes* lui-même a apparu dès l'Aquitanién (Saint-Gérard-le-Puy).

Plesiorycteropus madagascariensis est un Pholidote subfossile. Deux types de cet ordre, *Palæorycteropus Quercyi* et *Necromanis Quercyi* avaient déjà été signalés du Stampien du Quercy et le type le plus ancien de la famille des Oryctéropes, *Archæorycteropus* remonterait au Montien en Patagonie. Aujourd'hui *Orycteropus* et *Manis* sont exclusivement africains, tandis que *Pholidotus*, un Pangolin voisin de *Manis*, est commun à l'Afrique et à la région hindoue. *Orycteropus* et *Pholidotus* ont en outre été signalés l'un du Pontien de Samos, l'autre du Pontien de l'Inde, tandis que d'autres Pholidotes, *Argyromanis*, *Orthoarthrus* ont été indiqués du Néogène inférieur de Patagonie.

Un véritable Edenté, *Bradytherium madagascariense* se trouverait aussi à l'état subfossile à Madagascar. Il devrait prendre place à côté de *Bradypus*, l'Aï de l'Amérique centrale et du Sud. Les Bradypodidés débuteraient dans le Néogène inférieur de Patagonie avec les *Entélopsinés*.

Les *Nésonyminés* forment une sous-famille de Muridés propres à Madagascar et représentée dans nos pays au Tortonien (La Grive-Saint-Alban) par *Anomalomys Gaudryi*. Parmi les Rats actuels, c'est avec les Cricétinés, et plus spécialement avec *Mystromys* de l'Afrique centrale et méridionale, que ces Rongeurs présentent les plus grandes analogies. Les Hamsters débutent avec *Criceton* dans le Sannoisien de Ronzon et du Quercy.

Potamochærus Edwardsi est un Suidé vivant de Madagascar plus voisin de *P. porcus* de l'Afrique occidentale que de *P. chæropotamus* de l'Afrique orientale et méridionale; considéré tantôt comme distinct, tantôt comme identique spécifiquement à ces formes, il est apparenté à *P. hysudricus* du Pontien de l'Inde et à *P. provincialis* de l'Astien et du Villafranchien de France.

Hippopotamus madagascariensis, espèce subfossile moins évoluée que *H. hipponensis* de l'Astien et du Villafranchien de l'Afrique du Nord, apparaît comme plus différencié que *H. liberiensis*, forme aujourd'hui reléguée dans l'Afrique occidentale en compagnie d'un Chevrotain miocène, et surtout tortonien-sarmatien, *Hycemoschus* ou *Dorcatherium*.

H. Standini, variété d'Hippopotame amphibie, dont la mandibule indique une forme de médiocre taille, rappelle tout à fait

H. Pentlandi du Pléistocène moyen des régions méditerranéennes (Livournais, Sicile, Malte, Crète).

Chiromys madagascariensis est un Lémurien proche parent de *Amphichiromys*, *Heterohyus*, *Heterochiromys* du Lutétien de Suisse et d'Alsace et de *Necrosorex* du Bartonien du Quercy ; des types plus éloignés, mais appartenant toujours au groupe des Chiromyidiens, *Plesiadapis* et *Chiromyoides*, se trouvent dans le Thanétien de Cernay et le Cuisien d'Ay.

Le groupe de beaucoup le plus nombreux des Mammifères de Madagascar, celui des Lémuridés compte une quarantaine d'espèces, alors que l'ensemble de tous les autres groupes en renferme seulement une cinquantaine. La tribu des Lémuriformes à laquelle il se rattache est représentée dans l'hémisphère nord par les Adapidés, qui débute au Cuisien avec *Protoadapis*, en Europe, au Sparnacien avec *Pelycodus*, dans l'Amérique du Nord, et s'éteignent au Ludien. Comme les Lémuridés ne se relient pas directement aux Adapidés, il faut nécessairement faire remonter leur commune origine aux temps antéocènes. C'est sans doute à Madagascar qu'a dû s'effectuer l'individualisation des Lémuriformes et peut-être même des Chiromyidiens, à une époque un peu antérieure à celle où ont pris naissance les autres Prosimiens, Loriformes et Tarsiens, tous aujourd'hui exclusivement indo-africains. Ceux-ci ne se sont sans doute différenciés qu'après l'isolement de Madagascar, où ni les uns, ni les autres ne sont représentés. Or les Tarsiens commencent avec le Sparnacien dans l'Amérique du Nord. La division de l'archipel indo-malgache daterait donc du début de l'Éocène et l'individualisation des Lémuriformes et des Chiromyidiens daterait de la fin des temps crétacés. Les Lémuriformes descendraient directement de types marsupiaux et remonteraient à une période postérieure à la séparation de l'Australie du bloc indo-malgache.

Depuis, la faune des Mammifères de Madagascar, a reçu, à la faveur de migrations successives, des éléments plus jeunes. Elle peut être décomposée ainsi : 1° éléments crétacéo-éocènes (Lémuridés, Chiromyidés) ; 2° éléments oligocènes (Centétidés, Cryptoproctinés, Herpestinés, Oryctéropidés, Bradypodidés, Nésomyinés) ; 3° éléments mio-pliocènes (*Crocidura*, *Fossa*, *Viverricula*?, *Hippopotamus madagascariensis*?) ; 4° éléments plio-quaternaires (*Hippopotamus amphibius*, *Potamochoerus Edwardsi*) ; 5° éléments jeunes généralement considérés comme introduits par l'Homme (*Bos*, *Felis*, etc.)

La migration des éléments oligocènes se serait effectuée au

Stampien et celle des éléments miocènes au Pontien, à des époques de maximum de régression dans les géosynclinaux : une liaison continentale aurait alors permis momentanément la jonction de l'Afrique et de Madagascar. Au contraire les Lémuriens remonteraient à l'époque de la jonction indo-malgache.

La faune subfossile de Madagascar n'a pendant longtemps été connue que des plateaux de l'Ouest, du Sud et du centre de l'île ; les observations toutes récentes de Monnier et C. Lambertson ont révélé l'existence d'un point fossilifère aux environs de Mananjary, sur la côte est, qui a précisément fourni les restes de l'Hippopotame amphibie, l'élément le plus jeune du milieu animal ancien et actuel de Madagascar.

La communication entre la grande île et le continent ne semble d'ailleurs pas s'être faite au Pliocène ou au Quaternaire à la latitude de Madagascar, mais plus au Nord, à la hauteur des Comores. Cette toute récente liaison géographique a souvent été comparée à une chaîne d'îles, qu'auraient suivies, en dehors de l'Hippopotame, un Suidé, *Potamiochærus Edwardsi*. En réalité la jonction entre Madagascar et l'Afrique à la fin des temps pliocènes ou au Quaternaire fut purement terrestre, comme celles qui se produisirent, à plusieurs reprises, au cours de la dernière ère géologique, entre la Berbérie et l'Espagne : seulement de vastes marécages devaient la découper de telle sorte qu'aucun animal complètement terrestre ne put l'emprunter.

Le rôle qu'ont joué les éléments fauniques des divers âges géologiques dans le peuplement de Madagascar peut être représenté par les nombres ci-après : éléments crétacéo-éocènes (40), éléments oligocènes (46), éléments néogènes (6). *La faune mammalogique de Madagascar est donc essentiellement une faune éocène-oligocène.*

La faune des Mammifères de l'Australie est surtout constituée par les Marsupiaux. Si l'on examine l'ensemble de la répartition géographique de ces animaux, on voit qu'elle a ainsi varié au cours des temps géologiques.

Au Trias, une famille d'Allothériens, les *Tritylodontidés*, était commune à l'Europe et à l'Afrique du Sud, et une autre spéciale à l'Europe, les *Plagiaulacidés*, tandis qu'un groupe de Polyprotodontes, les *Dromathériidés*, habitaient l'Amérique du Nord et, peut-être, l'Afrique du Sud.

Au Jurassique, les *Plagiaulacidés* se rencontraient en Europe et dans l'Amérique du Nord, avec deux familles de Polyprotodontes, les *Triconodontidés* et les *Pantothériidés* (Bathonien-Portlandien).

Au Crétacé, les *Plagiaulacidés* vivent toujours en Europe et dans l'Amérique du Nord ; dans cette dernière contrée apparaissent au Danien de nouveaux Polyprotodontes, les *Didelphyidés*.

Au Tertiaire, les *Plagiaulacidés* continuent à habiter l'Europe et l'Amérique du Nord (Montien-Thanétien) ; ici ils sont associés aux *Polymastodontidés* (Montien-Thanétien), qui sont aussi des Allothériens, comme les *Polydolopidés* de Patagonie (Montien-Éocène). Aux *Didelphyidés* de l'Europe (Ludien à Aquitanien), de l'Amérique du Nord (depuis le Sannoisien) et de la Patagonie (depuis le Montien), se joignent deux autres familles de Polyprotodontes sud-américains, les *Dasyuridés* (depuis le Montien) et les *Carolaméghinidés* (seulement du Montien). C'est de cette ère que l'on connaît les premiers Diprotodontes, *Cénolestidés* de la Patagonie (depuis le Montien) et peut-être *Phalangéridés* de l'Australie : on sait que les Cénolestidés sont, dans une certaine mesure, intermédiaires entre les Diprotodontes et les Polyprotodontes et qu'il semble en être de même de *Wynyardia bassiana*, ce Marsupial du Nummulitique de Tasmanie que l'on a rapproché des Phalangéridés.

Au Quaternaire et à l'époque actuelle, on trouve des Polyprotodontes en Australie (*Myrmecobiidés*, *Péramélidés*, *Notoryctidés*, *Dasyuridés*) et en Amérique (*Didelphyidés* répandus du Sud du Canada au Nord de la Patagonie) et des Diprotodontes également en Australie (*Phalangéridés*, *Phascolomydés*) et en Amérique (*Cénolestidés* de l'Équateur et de la Colombie).

Ainsi les Marsupiaux qui sont connus en Europe depuis le Trias ont abandonné nos pays immédiatement après le Thanétien (sauf le genre *Didelphys* qui y a persisté jusqu'à l'Aquitanien) : Représentés au Trias par 6 genres (dont 3 sud-africains), ils comptent dans l'Europe et l'Amérique du Nord 23 genres jurassiques et seulement 7 genres crétacés et 5 genres thanétiens. *La faune des Mammifères australiens, par son caractère essentiellement marsupial, se présente donc comme une faune jurassique*, à laquelle, il est vrai, sont venus s'ajouter quelques rares éléments plus récents.

En dehors des Marsupiaux et des Monotrèmes (Ornithorhynque, Échidné et Proéchidné), l'Australie et son annexe, la Nouvelle-Guinée, comptent des représentants d'une douzaine de genres de Muridés, un *Canis* (*C. dingo*), qui, voisin de Chiens de Sumatra et de Java, aurait été amené par l'Homme au Quaternaire, et un *Sus* (*S. papuensis*), qui allié à la série des Sangliers de Formose, de la Chine, du Japon, des Philippines

et des îles de la Sonde, n'a d'ailleurs pas pénétré en Australie et est resté cantonné en Nouvelle-Guinée.

Hydromys, qui compte deux espèces australiennes et deux espèces néo-guinéennes, est le type d'une sous-famille spéciale de Muridés, les *Hydromyiné*s, dont les 5 autres genres, représentés chacun par une seule espèce, habitent l'un l'Australie, l'autre la Nouvelle-Guinée et les 3 derniers les Philippines ; les deux sous-familles voisines sont propres aux Philippines.

Les zoologistes modernes ne comptent pas moins d'une quarantaine d'espèces spéciales de *Mus* australiens (en dehors des variétés particulières de Surmulots, Rats noirs et Souris). Quoi qu'il en soit de la valeur de beaucoup de ces coupures spécifiques, il n'en demeure pas moins que la faune australienne et néo-guinéenne, par le grand nombre de ces Rats indigènes, se différencie complètement de la faune malgache, où l'on ne connaît que *Mus auritus*, qui est probablement une variété de *M. rattus*. Le plus ancien Rat fossile est *M. Donnezani* du Pliocène du Roussillon et le plus ancien Muriné, *Acomys Gaudryi* du Pontien de Pikermi. Les Muridés débent avec *Eomis* dans les phosphorites du Quercy.

La sous-famille des Murinés comprend 4 genres spéciaux à l'Australie (*Conilurus*, etc.), 3 particuliers à la Nouvelle-Guinée (*Pagomys*, etc.) et un commun à ces deux terres (*Uromys*). Tous sont plus ou moins voisins de la série des genres malais et philippins *Pithecheir-Chiropodomys*. L'un deux, *Mastacomys*, figure déjà dans la faune quaternaire sud-australienne.

Il est difficile de préciser l'époque à laquelle a pu s'effectuer l'invasion du continent australien par les Muridés, à la faveur d'une liaison entre la Nouvelle-Guinée et les Philippines. Peut-être remonte-t-elle à l'Oligocène, à l'époque où d'autres Muridés, les Nésomyinés, arrivaient à Madagascar. La venue du genre en Australie serait sans doute plus récente ; elle aurait eu lieu vers le milieu du Pliocène, à une époque où aucune liaison continentale ne devait plus s'effectuer entre Madagascar et l'Afrique. Cette jonction pliocène se serait faite par la Nouvelle-Guinée et les îles de la Sonde. Elle aurait été suivie d'une rupture entre l'Australie et la Nouvelle-Guinée, qui n'aurait permis la pénétration d'un Suidé au Quaternaire qu'en Papouasie.

A la faune australienne jurassique seraient donc venus se juxtaposer quelques rares éléments oligocènes (Hydromyiné)s, pliocènes (Murinés) et quaternaires (Sus).

B. L'histoire de l'Océan Indien

L'histoire de l'océan Indien commence avec la première phase de disjonction de l'ancien continent de Gondwana. Celle-ci se produit au Trias, où une mer géosynclinale subméridienne, débordait vers l'Est sur la région septentrionale de Madagascar, séparant la masse émergée africano-brésilienne de l'ancien bloc australo-indo-malgache. La faune d'Ammonites spéciale du Lias malgache, notamment la présence du genre *Bouleiceras*, éveille l'idée d'un milieu marin relativement isolé. Dès l'Oolithique inférieur le géosynclinal du Mozambique augmente de largeur; il persiste jusqu'à la fin du Crétacé inférieur. Il est bien possible que la transgression des mers bajocienne et callovienne en s'étendant de l'Ouest vers l'Est sur une grande partie de l'Australie occidentale corresponde au début de la formation de l'océan Indien et de l'isolement de l'Australie, dont on comprendrait ainsi que la faune ait conservé une physionomie d'ensemble plutôt jurassique.

Quoi qu'il en soit on retrouve dans l'Australie occidentale et méridionale, un Crétacé inférieur marin présentant les mêmes caractères que celui du Queensland : au centre du continent, dans la région du lac Eyre, un type d'Ammonite déroulée de l'Inde coexiste avec une espèce de Bélemnite de la Nouvelle-Zélande.

Si la mer semble avoir abandonné l'Australie au Crétacé moyen et supérieur, la présence de dépôts maestrichtiens transgressifs dans les régions littorales du Sud-Est de l'Inde et de l'Est de Madagascar semble bien éveiller l'idée qu'à la fin du Sénonien existait déjà un océan Indien s'étendant largement à l'Orient de ces contrées.

Tandis que dans l'Inde péninsulaire et à Madagascar, le Nummulitique marin est localisé à l'Ouest, en dehors donc de l'océan Indien proprement dit, le même système occupe de vastes surfaces dans l'Australie occidentale, que l'on peut alors être tenté de considérer comme une dépendance épicontinentale d'un océan Indien à peu près définitivement constitué sous sa forme actuelle. Aujourd'hui dans la faune de cet océan dominant des éléments apparentés aux types néogènes de nos pays, tandis que les descendants de nos animaux nummulitiques ont reflué plus à l'Est dans le Pacifique.

L'isolement des régions australiennes, au sens zoologique du mot, n'est pas demeuré absolu depuis l'ère secondaire : tant en Nouvelle-Guinée que dans la Nouvelle-Hollande elle-même ont pénétré à

l'Oligocène et au Quaternaire des Rongeurs et des Artiodactyles, soit à la faveur de ponts continentaux, suivant l'ancienne manière de voir, soit grâce à un mouvement d'accordéon entre les masses continentales hindoue et australienne, dans la théorie de Wegener modifiée suivant ma conception.

Il faut remarquer que ces mêmes périodes géologiques oligocènes et quaternaires ont vu également s'établir une connexion entre Madagascar et l'Afrique, dont témoignent un certain nombre des Mammifères subfossiles ou actuels de la grande île. Mais ces migrations récentes n'ont ici comme en Australie que peu changé l'ensemble de la faune mammalogique. A Madagascar ce vieux fond est éocène, voire crétacé, et témoigne d'une étroite liaison, semble-t-il, avec l'Inde. Dans ce cas apparaîtrait donc une difficulté d'application de la théorie de Wegener : dans l'hypothèse du physicien allemand, modifiée comme je l'ai dit précédemment, il devient nécessaire d'admettre une sorte de mouvement oscillatoire de la masse de Madagascar se détachant de l'Inde pour aller se coller contre l'Afrique, puis s'éloignant, se rapprochant ensuite, et s'écartant à nouveau du continent noir. On devrait imaginer dès lors qu'une véritable attraction de masse s'exerce entre les principales terres émergées et les îles intermédiaires.

V. LA PALÉOGÉOGRAPHIE DES TERRES PACIFIQUES

A. Les migrations des faunes terrestres à travers les Terres Pacifiques.

Il y a des analogies indiscutables entre certains éléments des faunes de Vertébrés actuels de part et d'autre du Pacifique. C'est par exemple le cas des Diprotodontes Marsupiaux représentés à l'Équateur et en Colombie par *Cænolestes*, en Australie (Tasmanie, îles Salomon, Nouvelle-Guinée, Moluques, Célèbes, Timor) par les *Phalangéridés* et les *Phascolomyidés*.

Dans les Cænolestidés ou Paucituberculés, prennent place des genres du Tertiaire de Patagonie dont certains très voisins de *Cænolestes*, comme *Garzonia* du Miocène. Les plus anciens représentants de la famille se trouvent dans l'Oligocène (*Pyrotherien* de Patagonie) : *Palæpanorthus* et *Parabderites*. Un genre de position incertaine trouvé dans l'Éocène le plus inférieur du Montana *Picrodus* a été rapproché de ces Mammifères patagoniens.

On range parmi les Phalangéridés *Wyngardia* le seul Marsupial nummulitique d'Australie connu jusqu'à ce jour et qui date probablement de l'Oligocène.

Parmi les Polyprotodontes, figure notamment la famille des *Dasyuridés*, maintenant localisée en Australie, Nouvelle-Guinée et Tasmanie, mais représentée au Tertiaire en Patagonie, depuis le Montien ou Notostylopéen (*Procladosictis*, *Pseudocladosictis*) jusqu'au Miocène inférieur ou Santacruzien.

Les *Cénolestidés* d'une part, *Wynyardia* d'autre part, sont les seuls types de Marsupiaux pouvant être envisagés comme intermédiaires entre les deux grands groupes actuels de l'ordre, les Diprotodontes et les Polyprotodontes. Leur répartition géographique éveille l'idée d'un continent sud-pacifique centre d'origine des Marsupiaux actuels et remontant à une période antétertiaire, crétacée sans doute. Parmi les Polyprotodontes figurent, en effet, les Didelphyidés (Sarigues) répandus aujourd'hui du Canada à la Patagonie et qui se lient intimement aux Cimolestinés du Maestrichtien (Judith River beds) et du Danien (Lance beds) du centre des États-Unis (Wyoming, Dakota) et du Canada (Alberta).

Parmi les Oiseaux gruiformes, les Rhinocéridés (Kagou), étroitement localisés aujourd'hui en Nouvelle-Calédonie, sont apparentés de près aux Eurypygidés et aux Psophiidés du Brésil et de plus loin aux Aramidés de l'Amérique centrale et méridionale et aux Cariamidés du Brésil et du Nord de l'Argentine, ainsi d'ailleurs qu'aux proches parents de ces derniers les Phororhachitidés [*Phororhacus* et *Pelecyrnis* de l'Oligocène (Pyrothérien) et du Miocène inférieur (Santacruzien) de Patagonie] et aux Aptornithidés (*Aptornis*) du Pléistocène de l'île méridionale de la Nouvelle-Zélande. L'ensemble des Rhinocéridés forme donc un trait de liaison entre les faunes de la Nouvelle-Calédonie, de la Nouvelle-Zélande, de la Patagonie et du Brésil, l'origine du groupe paraissant devoir être cherchée dans les Diatrymidés de l'Éocène inférieur (Wasatch) du Nouveau Mexique et du Wyoming.

Parmi les Colombiformes actuels, on peut remarquer la parenté de *Phaps* d'Australie et de *Zenaida* de la Patagonie, du Brésil et des Antilles.

Au nombre des Psittaciformes, les Nestoridés de la Nouvelle-Zélande, représentés autrefois aussi à l'île Norfolk, sont voisins des Trichoglossidés ou Loriidés (Carolines, Célèbes, Moluques, Timor, Nouvelle-Guinée, Salomon, Nouvelles-Hébrides, Nouvelle-Calédonie, Huon, Chesterfield, Fidji, Tonga, Samoa, Christmas, Fanning, Marquises, Tuamotou, îles de la Société, Australie, Tasmanie) et des Conurides (Brésil et Amérique centrale).

Parmi les Lacertiliens un groupe assez spécial de Lézards est

formé de deux familles très voisines, les Lanthanotidés [une seule espèce de *Lanthanodus* de Sarawak (Bornéo)] et les Hélo-dermatidés (*Heloderma* : 2 espèces) du Mexique occidental, du Nouveau Mexique, de l'Arizona et du Nevada, ces derniers venimeux.

Les Crocodiles et les Alligators, par leurs aires géographiques actuelles, paraissent témoigner encore d'une antique liaison entre les boucliers africano-brésilien et australo-indo-malgache, par le socle polynésien et peut-être par le plateau hawaïen. Les premiers de ces Reptiles habitent aujourd'hui le Mexique, l'Amérique centrale, la Floride, les Antilles, les Guyanes, la Colombie, les Fidji, les Salomon, la Nouvelle-Guinée, le Nord de l'Australie, la Malaisie, la Chine méridionale, l'Inde, Madagascar, l'Afrique ; les seconds se rencontrent seulement dans le Sud des États-Unis et le bassin du Yang-tse-kiang.

Les uns comme les autres étaient autrefois des animaux marins strictement localisés au voisinage des côtes. Au début de leur phase de différenciation, au Sénonien, nous les voyons surtout nombreux dans l'Amérique du Nord, où d'ailleurs les trois types Crocodile, Caïman et Alligator étaient loin d'être aussi nettement distincts qu'aujourd'hui : les rivages des mers qui séparaient alors l'Amérique du Nord de celle du Sud, la Chine de l'Inde et l'Europe de l'Afrique étaient en étroite continuité de chaque côté du grand géosynclinal transverse : celui-ci devait recouper de l'Est à l'Ouest le Pacifique entre le plateau hawaïen et le socle polynésien. La présence de Crocodiles aux Fidji ne semble guère pouvoir s'expliquer que par cette ancienne conformation géographique : si *Crocodylus* a suivi tout au moins le bord du socle polynésien, *Alligator* par contre ne semble avoir emprunté que la côte sud du plateau hawaïen, dont le tracé raccorde précisément les deux parties disjointes, Sud des États-Unis et bassin du Yang-tsé, de son aire de dispersion actuelle.

D'autres animaux fossiles ou vivants confirment en les précisant les données fournies par les Crocodiliens. Ainsi un fort curieux genre de Tortue terrestre de la famille des Chersidés compte seulement deux espèces dont l'une, *Miolania argentina* caractérise les couches de passage du Crétacé au Tertiaire (Montien ou Notostylopéen) de Patagonie, tandis que l'autre, *Miolania Oweni*, a été trouvée dans le Quaternaire de l'île Howe, au large de Sydney, et du Queensland.

Des Chéloniens cryptodires, les Chélydridés sont représentés en Amérique par *Chelydra* et *Macroclommys*, en Nouvelle-Guinée par *Devisia*. Une espèce de *Chelydra* habite les cours d'eau

nord-américains de l'embouchure du Saint-Laurent à Mexico et se retrouve en Équateur ; une seconde espèce du même genre vit au Mexique et au Guatemala. *Macroclermys* ne comprend qu'une forme répandue de la Floride à l'Ouest du Texas et au Nord du bassin du Missouri.

Chelydra a été rencontré à l'état fossile et décrit d'après des squelettes presque complets du Tortonien-Sarmatien d'eau douce de l'Allemagne du Sud et de la Suisse (Oeningen, Steinheim, Rott, etc.)

On rapporte encore à la famille des Chélydridés *Tretosternum* (*Peltochelys*) du Purbeck et du Weald d'Angleterre et de Belgique, ce qui indiquerait qu'avant la fin des temps jurassiques les Chélydridés étaient déjà adaptés à la vie des eaux douces. Cependant les auteurs placent dans la même famille *Gafschelys* des phosphates du Sud tunisien, trouvé dans un milieu marin, très littoral il est vrai, et pouvant par suite être un organisme d'eau douce dont le cadavre aurait été entraîné dans la mer.

La famille des Bufonidés, connue à l'état fossile de l'Oolithique terminal (couches de Como) dans le Wyoming, où elle est représentée par *Eobatrachus*, pénétra au Crétacé en Australie, et y compte aujourd'hui plusieurs genres distincts de *Bufo*. Ce dernier absent de Madagascar, semble ne s'être différencié qu'après la séparation définitive de cette île, au Miocène ou peut-être dès la fin de l'Oligocène, si les momies de Crapauds des phosphorites du Quercy doivent lui être attribuées. L'Amérique n'ayant été reliée aux autres terres émergées que du début de l'Éocène (Thanétien) au milieu du Pliocène, *Bufo*, répandu dans toutes les régions tempérées et tropicales du globe, sauf à Madagascar, en Australie, Nouvelle-Zélande, Nouvelle-Guinée et Polynésie, n'a donc pu pénétrer dans l'Amérique du Sud, jusqu'en Patagonie, qu'après la rupture de la jonction terrestre américano-australienne, au moment de la dernière liaison continentale nord-sud-américaine à l'Astien.

Un autre groupe d'Anoures, les Cystignathidés, se rencontre à la fois dans l'Amérique méridionale et centrale, les Antilles, la Floride, le Mexique, l'Australie, la Tasmanie et la Nouvelle-Zélande.

Deux familles de Poissons d'eau douce voisines des Brochets, les Haplochitonidés et les Galaxiidés, qui seraient les survivants de formes marines crétacées, les Enchodontidés, ayant colonisé les fleuves du continent équatorial, subsistent aujourd'hui, la première en Nouvelle-Zélande, en Tasmanie, dans l'Australie méridionale (au Sud de Perth et Sydney), au Queensland (Nord

de Brisbane), aux Falkland, et dans l'Extrême-Sud patagonien (à partir du Chico) ; la seconde, aux Chatham, aux Macquarie, en Nouvelle-Zélande, en Australie (Sud du Sharks et Brisbane), au Cap (entre les baies Sainte-Hélène et Saint-Sébastien), aux Falkland et en Amérique du Sud (de Coquimbo et Valdes au Cap Horn).

On pourrait multiplier les exemples de genres d'Oligochètes, d'Arachnides, de Lépidoptères, de Coléoptères, d'Hyménoptères, de Crustacés d'eau douce qui comptent de nombreuses formes, les unes dans les îles de l'Océanie, les autres dans l'Amérique du Sud. Tous ces faits paraissent témoigner de migrations transpacifiques d'animaux terrestres. La détermination de l'âge de ces déplacements est en général très difficile à préciser. Cependant, pour certains Vertébrés, il semble que l'on puisse faire remonter la liaison continentale entre l'Australie et l'Amérique du Sud à la fin des temps secondaires : c'est du moins la conclusion qui se dégage du peu que nous savons de l'histoire géologique des Marsupiaux Diprotodontes, des Crocodiliens et de *Miolania*.

Ce dernier Chélonien en particulier indique clairement l'âge crétacé supérieur de la liaison continentale ando-polynésio-australienne, ce que confirme les données tectoniques acquises sur les Rocheuses et les Andes, où de Vancouver et de la Californie au Chili et à la terre de Graham les termes inférieures du Sénonien font défaut à la suite de l'émersion d'une chaîne plissée sur l'emplacement d'une bonne partie du géosynclinal circumpacifique et où le Maestrichtien s'est avancé transgressivement ; peut-être en fut-il de même de la liaison continentale Californie-Hawaï-Chine.

B. L'histoire de l'Océan Pacifique.

Il est infiniment difficile de tenter une esquisse de l'histoire du Pacifique. La genèse de cette partie de la surface de notre globe est pleine de mystère, car la myriade des Océanides ne nous permet guère de nous faire une idée de la constitution géologique de leur sous-sol. Nous en sommes réduits, en dehors des données chronologiquement fort imprécises, fournies par la biogéographie actuelle, à raisonner d'après les conditions de dépôt des formations sédimentaires circumpacifiques.

Au début des temps primaires, l'homogénéité des faunes cambriennes de Trilobites du géosynclinal périphérique n'implique pas nécessairement l'idée d'un continent pacifique émergé. Toutefois si, comme il est vraisemblable, le volume des eaux marines est resté sensiblement le même pendant toutes les

périodes géologiques, on ne voit pas bien, à cette époque, où se trouvaient les terres émergées.

A la fin de l'ère paléozoïque, les faunes marines ouraliennes de l'Inde, de l'Australie et de la Nouvelle-Zélande présentent entre elles des affinités assez étroites, tandis que celles de la Bolivie et du Brésil, assez différentes, rappellent plutôt l'Amérique du Nord et l'Eurasie : on pourrait donc croire qu'un continent pacifique séparait alors ces deux zones marines de l'Extrême-Orient et des Cordillères.

Le Trias a vu au contraire les mers du pourtour du Pacifique acquérir une grande homogénéité faunique dont témoigne notamment la répartition, au Norien, de *Pseudomonotis* (Nouvelle-Zélande, Nouvelle-Calédonie, Malaisie, Japon, Californie, Pérou). Dans la Californie et l'Idaho se retrouvent, nombre des Céphalopodes les plus caractéristiques du Trias supérieur de l'Himalaya et du Salt Range, comme si une mer transpacifique avait uni alors l'Inde aux États-Unis occidentaux.

Au Portlandien plusieurs genres d'Ammonites qui se rencontrent à la fois dans l'Himalaya, la Malaisie et l'Argentine, ne sont connus d'aucune autre région du globe : un grand géosynclinal transversé continuant autour du globe celui de la mer des Indes, de la Méditerranée et de la mer des Antilles occupait peut-être alors le Pacifique central, tandis qu'au Nord et au Sud s'élevaient des masses continentales, les socles hawaïen et polynésien. Il est possible que cette dernière terre émergée ait été habitée déjà alors par des Rhynchocéphales.

L'un des éléments les plus remarquables de la faune actuelle de la Nouvelle-Zélande est en effet le genre *Sphenodon* ou *Hatteria*, qui révèle d'étroites affinités avec des formes du Jurassique supérieur du Wyoming (*Opisthias*) et de l'Europe centrale (*Homæosaurus*, *Ardeosaurus*). Au Jurassique, comme aux périodes antérieures, les animaux terrestres ont en tous cas dû franchir, lors de grandes phases de régression marine, les géosynclinaux transverses. La Nouvelle-Zélande dut se trouver isolée très tôt de toute terre émergée, puisqu'elle ne paraît pas avoir jamais été habitée par des Mammifères terrestres. On pourrait penser qu'une liaison continentale ait continué à exister par le socle polynésien entre l'Australie et l'Amérique du Sud alors que la Nouvelle-Zélande ne communiquait déjà plus directement avec ces contrées : cette liaison sud-transpacifique aurait persisté jusqu'à l'extrême fin des temps crétacés, avec d'ailleurs de multiples interruptions, notamment au Maestrichtien.

Une partie du Nummulitique est marin en Nouvelle-Zélande,

comme en Nouvelle-Guinée et en Malaisie. Les eaux marines s'étendaient largement dans le Pacifique, comme l'indiquent les fossiles découverts aux îles Bonin, d'une part, aux Touamotou, d'autre part. Le Pacifique se présentait sans doute à cette époque comme la Thetys européenne et nord-africaine au Mésozoïque : de même qu'ici des massifs hercyniens émergeaient un peu partout, massifs qui plus tard seront sertis dans les chaînes alpines, de même des horsts pacifiques, restes d'un ou de plusieurs anciens continents, semblent avoir été emprisonnés dans ces rides de l'écorce terrestre, auxquelles Suess a donné le nom d'Océanides. Il est possible que plusieurs de ces horsts correspondent à certaines des grandes fosses pacifiques actuelles, par exemple entre le Japon, les îles Bonin et Gangas, ou entre les Mariannes, les Carolines et les Marshall, ou encore entre les Marshall, les Gilbert et Hawaï. Les roches grenues de Viti-Levu et de Tahiti pourraient être les derniers éléments accessibles à nos investigations de l'antique socle polynésien : le massif qui leur correspondrait, s'il est unique, serait encadré par les alignements : Nouvelle-Guinée, Nouvelle-Calédonie, Nouvelles-Hébrides, Nouvelle-Zélande, Tongaï, Touamotou.

On a en effet signalé des roches grenues anciennes aux Palaos, à l'île Yap, à l'extrémité NW de la Nouvelle-Guinée, au Nouveau-Mecklembourg, aux Salomon, en Nouvelle-Zélande jusqu'aux îles Auckland et Campbell, vers le Sud, et aux îles Raoul et Eua des Tonga, vers le Nord. La pénétration des zones de plissements tertiaires en Océanie est clairement indiquée aux îles Bonin, d'une part, aux Nouvelles-Hébrides d'autre part.

Si ces données bien imprécises encore au point de vue géologique et bien clairsemées au point de vue géographique nous permettent d'entrevoir un peu l'histoire du Pacifique occidental, par contre l'histoire du Pacifique oriental reste encore tout à fait impénétrable.

VI. LA PALÉOCLIMATOLOGIE

Les récentes études de géologie synthétique permettent de se faire une idée des grands traits structuraux de la surface terrestre aux époques les plus anciennes dont les dépôts soient accessibles à nos investigations.

Trois grandes aires continentales auxquelles on donne souvent les noms de Laurentia, d'Angara et de Gondwana existaient déjà aux temps précambriens ; la première était formée de l'Amérique du Nord, du Groenland et de l'extrême-nord des îles Britan-

niques ; la seconde, de la Scandinavie, de la Finlande, de la Russie, de la Sibérie, du Turkestan, du Thibet, de la Mongolie et de la Chine ; la troisième, de l'Afrique moins le Cap, de l'Arabie, de l'Inde, de Madagascar et de l'Australie occidentale et centrale, peut-être aussi de l'Antarctide. Entre les masses continentales de la Laurentia et de l'Angara, d'une part, de Gondwana, d'autre part, s'étendait une large mer mésogéenne, avec peut-être une zone de resserrement à la hauteur de l'Inde et du Thibet, tandis qu'entre la Laurentia et l'Angara, vers le pôle Nord, se creusait déjà l'océan Arctique."

Il est bien difficile de se faire une idée concrète de la physiologie que devaient présenter ces vieux continents. R. Ruedemann a cependant tenté d'en esquisser les lignes directrices de l'orographie. Il ne fait pas de doute que cet essai comporte un fond bien hypothétique; souvent même très discutable. Je crois néanmoins devoir en résumer ici les traits essentiels : des plissements existaient au Protérozoïque : 1° dans la Laurentia avec des directions NNE-SSW au Groenland oriental ; NE-SW au Groenland occidental et au Canada oriental ; E-W, au centre de l'Amérique du Nord ; SSE-NNW dans les Rocheuses ; — 2° dans l'Angara avec des inflexions NNW-SSE en Scandinavie et Finlande ; NW-SE en Ukraine, Oural, Taimir, haut Iéniséï, Mongolie occidentale ; SW-NE en Chine, Mandchourie, Mongolie orientale, Transbaïkalie, Amour, côte d'Okhost, Kamtchatka ; — 3° dans le Gondwana avec des orientations toutes plus ou moins NS dans le Sahara central, Soudan français, côte nord de Guinée, Éthiopie, Afrique orientale, pays au Sud du Zambèze et au Nord de l'Orange, Est de Madagascar, Inde péninsulaire, Australie occidentale et méridionale.

Une calotte glaciaire se trouvait déjà à l'Algonkien sur la Laurentia ou continent nord-atlantique : elle s'étendait jusque dans les régions du Minnesota, du lac Supérieur, du Michigan, de l'Ontario et peut-être du Spitzberg : il semble qu'au Cambrien les glaciers se soient même avancés en Norvège ; le continent, que les géologues américains appellent la Laurentia, englobait alors, avec le bouclier canadien et le Groenland, les Hébrides, l'extrême Nord de l'Écosse et les îles Lofoten, c'est-à-dire toute la zone de l'ancienne chaîne huronienne. Une autre aire de consolidation l'Angara ou continent sino-sibérien, qui manifeste son existence dès l'Algonkien, était, au Cambrien, largement couverte de glaciers dont les traces sont visibles dans la vallée du Yang-tsé-kiang.

Toutes les mers semblent avoir offert au Cambrien des con-

ditions physiques assez uniformes puisque les mêmes organismes sécréteurs de calcaire, les Éponges ou Polypiers qui forment le genre *Archæocyathus* se rencontrent dans la zone néritique, depuis l'Écosse, la Sibérie et le Labrador jusqu'à l'Afrique du Sud, l'Australie et même l'Antarctide de l'Ouest et de l'Est. Il y a en apparence contradiction entre cette donnée d'ordre zoologique et les observations des géologues qui ont révélé, d'une part, l'existence de formations glaciaires cambriennes en Norvège et en Chine, peut-être même au Cap et en Australie, d'autre part, l'individualisation bien marquée de provinces biologiques marines. Je ferai remarquer tout d'abord que les diverses formes d'*Archæocyathus* doivent être envisagées comme des organismes se contentant pour l'édification de leurs quelette d'une assez faible quantité de calcaire. Mais je crois surtout devoir insister sur la nécessité de faire intervenir dans l'interprétation de ces faits d'autres facteurs que la température ; en particulier certains équilibres chimiques ont pu favoriser l'utilisation du carbonate de chaux par les organismes, dans des conditions telles qu'aucune déduction ne peut plus être tirée de la présence de ces êtres en ce qui concerne la température du milieu.

Peut-être est-ce plutôt aux périodes postcambriennes, à l'Ordovicien et au Gothlandien, que s'est manifestée une certaine tendance vers une homogénéisation de la température sur le globe : alors, en effet, s'atténuent progressivement les différences reconnues pour le Cambrien entre les milieux biogéographiques marins, tandis que s'accuse le cosmopolitisme de nombreux types animaux.

D'importants changements géographiques marquent la fin des temps siluriens et le début du Dévonien : ils correspondent notamment à la formation de la chaîne Calédonienne, qui affecte en Europe une direction générale subméridienne SSW-NNE, et occupe : l'Irlande, jusqu'au cours inférieur du Shannon ; le pays de Galles, en dehors de sa bordure extrême vers le Sud ; l'Angleterre, au Nord des Mendip hills ; l'Écosse, à l'exception de sa lisière occidentale ; les Shetlands ; les Orcades et tout l'Ouest de la péninsule Scandinave. D'après les récentes explorations des géologues danois, la chaîne Calédonienne tournerait brusquement ensuite vers le NNW pour gagner la côte occidentale du Spitzberg, puis, par le seuil sous-marin qui sépare la fosse nord-atlantique de la fosse arctique, elle atteindrait le littoral nord du Groenland : elle se terminerait enfin dans les montagnes de la « chaîne des États-Unis » : sur le rivage est des terres de Grant, de Grinnell, le long du Kennedy channel ; sur le littoral ouest de l'île

d'Ellesmere, en bordure de l'Eureka sund. Les mouvements orogéniques ayant donné naissance à cette chaîne de montagnes ont commencé au milieu du Silurien et se sont prolongés jusqu'au Dévonien moyen. Presque en même temps, avant la fin du Silurien, des plissements ont affecté à l'Ouest de l'Amérique du Nord, les Montagnes Rocheuses, depuis l'Alaska jusqu'au Colorado et au Nouveau-Mexique. Des mouvements à peu près de même âge ont atteint, au Sud du bouclier Canadien, le Texas, l'Oklahoma et l'Arkansas. Enfin sur le bord atlantique du Nouveau Continent, des poussées tout aussi anciennes ont donné naissance à la chaîne *Taconique*, qui s'étend, de l'Alabama et la Géorgie, par les Alleghanys, à travers la Nouvelle-Angleterre, jusque sur la rive droite du Saint-Laurent, dans l'Ouest du Nouveau-Brunswick et en Gaspésie.

Les plissements calédoniens paraissent ainsi avoir complètement entouré l'ancien continent nord-atlantique ou Laurentia, c'est-à-dire la plus grande partie de l'Amérique septentrionale, le Groenland, sauf la côte nord, les Hébrides occidentales, l'Extrême Nord-Ouest de l'Écosse et les îles Lofoten. D'une façon générale, les accidents tectoniques sont, dans cette zone plissée, déversés vers l'ancien bouclier, dont il me semble qu'un mouvement d'ensemble doit être envisagé comme la cause déterminante de la formation à sa périphérie du large bourrelet montagneux qui a fini par donner naissance à la chaîne Calédonienne.

Les zones directement affectées par ces plissements, en Irlande et en Écosse notamment, se sont, après la phase de diastrophisme maximum, progressivement enfoncées d'une façon constante et pendant fort longtemps sous des eaux tantôt lagunaires, tantôt littorales peuplées de Gigantostacés, de Lamellibranches et de Poissons Placodermes : cette nouvelle condition tectonique de « géosynclinal posthume » a permis l'accumulation des masses énormes de sables qui forment aujourd'hui le « Vieux Grès rouge » d'Écosse. Cette roche, par sa coloration, semble indiquer une insolation intense comme celle qui caractérise le climat tropical actuel ; son association avec des dépôts de gypse et de sel gemme montre que l'évaporation était alors fort active et l'atmosphère très sèche jusque sous des latitudes élevées. La zone calédonienne cesse ensuite d'être un compartiment mobile de l'écorce terrestre et se trouve ainsi définitivement incorporée au continent nord-atlantique. Cependant un géosynclinal à profondeurs bathyales continue à occuper les régions situées plus au Sud, où les conditions océanographiques restent identiques à elles-mêmes au cours des périodes dévonienne et dinantienne, dont l'ensemble correspond

à une phase de sédimentation ayant immédiatement précédé le plissement hercynien. Cette phase de lithogénèse voit de nouveau à certains moments des eaux néritiques former des mers continentales d'extension variable tandis qu'un équilibre compensateur se manifeste par des régressions sur les géanticlinaux secondaires du grand géosynclinal transverse.

De même une autre aire de consolidation, l'Angara ou continent sino-sibérien voit s'établir à l'Ordovicien et au Dévonien, des lagunes qui indiquent évidemment un climat très sec.

Enfin l'Australie du Sud, l'Inde et l'Afrique australe, offrent des traces de dépôts glaciaires, dont certaines remontent au Dévonien, peut-être même au Cambrien ou à l'Algonkien. Le vaste continent équatorial qui réunissait ces diverses contrées, englobait également alors le Brésil.

Vers les débuts des temps anthracolithiques, un merveilleux épanouissement de la végétation permet, dans nos contrées, la sédimentation des dépôts houillers, les uns formés de débris de plantes charriées par les cours d'eau dans des lacs, les autres provenant de restes végétaux décomposés sur place au milieu des marécages. Lacs et marais déterminent, par leur vaste étendue, une humidité intense de l'atmosphère qui favorise le rapide accroissement en hauteur de l'appareil végétatif des arbres. Dans les eaux douces vivaient alors des milliers de Crustacés, Brachiopodes et Ostracodes, en compagnie des premiers Gastéropodes Pulmonés. Dans les airs volaient de nombreux Insectes, tandis que les continents se peuplaient de Batraciens Stégocéphales, de Reptiles Rhynchocéphales et Théromorphes.

A partir du Carbonifère moyen, le grand géosynclinal transverse subit un nouveau rétrécissement par suite de la formation de la chaîne hercynienne, dans l'Europe centrale et méridionale, l'Afrique du Nord, l'Asie antérieure, l'Altaï, l'Himalaya, l'Australie orientale : jamais, depuis le début des temps paléozoïques, la surface occupée par les eaux marines n'a été aussi restreinte. La genèse des plissements hercyniens ne s'est pas effectuée d'une façon continue : elle est passée par trois phases principales de diastrophisme, que séparent deux périodes de sédimentation correspondant, l'une au Carbonifère moyen, l'autre, au Carbonifère supérieur et au Permien inférieur. Tandis que la première phase orogénique apparaît comme une période de simple plissement, la seconde est marquée par la mise en mouvement de grands charriages sur le front des chaînes armoricano-varisques. Pendant la période intermédiaire du Carbonifère moyen se creusent, dans les régions qui viennent d'être plissées, des fossés à fond en

voie de descente plus ou moins rapide et continue : dans les lacs, les lagunes et les mers sublittorales qui s'y établissent s'accumulent des détritits végétaux charriés par les cours d'eau ou décomposés sur place, origine des houilles westphaliennes. Il en est encore ainsi pendant le Carbonifère supérieur et le Permien inférieur, où fossés et chenaux hercyniens voient s'effectuer les dépôts qui donneront les houilles stéphanienues et les schistes bitumineux autuniens, à caractère plus lacustre ou marécageux que les dépôts westphaliens analogues.

Au Carbonifère supérieur, la Thétys est, d'ailleurs, de nouveau immergée, depuis les Dinarides jusqu'à l'Iran, l'Himalaya, la Malaisie et l'Australie, les Andes et la dépression des Amazones. Cette extension des géosynclinaux paraît compensée par une diminution de profondeur, qu'indique le dépôt de sédiments néritiques, comme les calcaires à Fusulines. Au Permien inférieur, au contraire, les géosynclinaux assez peu étendus se creusent notablement ; des Ammonites vivent alors dans les mers situées sur l'emplacement des Pyrénées et de la Sicile, de l'Oural, du Turkestan et du Texas.

Le Carbonifère supérieur a été aussi marqué par une nouvelle extension des glaciers en Australie, dans l'Inde et au Cap, c'est-à-dire dans la plus grande partie du continent austral ou continent de Gondwana. En même temps se propageait la flore à *Glossopteris*. Nul doute que ce milieu botanique n'ait dû sa haute spécialisation, son aire géographique peu étendue et sa pauvreté en espèces à l'amplitude des phénomènes glaciaires anthracolithiques : ce sont ces importantes modifications météorologiques qui doivent avoir déterminé l'extinction de la flore houillère dans les contrées aujourd'hui riveraines de l'Océan Indien.

A son tour, l'Europe voit s'éteindre progressivement cette flore vers la fin des temps primaires sous l'influence d'un climat désertique comparable à celui de certaines régions tropicales actuelles. D'immenses lagunes, où s'accumulent, au Permien supérieur, des dépôts de précipitation chimique, sel gemme, gypse, sels déliquescents, indiquent qu'une grande sécheresse de l'atmosphère régnait alors sur la Russie, l'Allemagne, les régions alpines et les territoires des États-Unis. Quelquefois l'intercalation de sédiments détritiques grossiers témoigne d'une phase pluvieuse succédant à une longue période de sécheresse, comme on en voit encore dans les déserts voisins des tropiques. Le plus souvent ce sont des grès ou des argiles, qui viennent s'interstratifier dans la série des sels déliquescents, lorsque les cuvettes continentales sont envahies par la mer : leur couleur rouge

témoigne de l'élévation de la température et de l'intensité de l'insolation qui régnaient alors dans nos pays. Leur dépôt, qui commence avec le Permien moyen, marque le début de la période où, comme on l'a vu, les océans de temps primaires semblent avoir été réduits à leur minimum d'étendue.

Wegener a eu l'ingénieuse idée de tenter, sur un globe à la surface duquel les continents étaient encore coalescents, une reconstitution du tracé de l'équateur à l'Anthracolithique (Fig. 3). Il s'est basé dans cet essai sur la répartition géographique des dépôts d'argile à caractère tropical, sur les accumulations de sel,

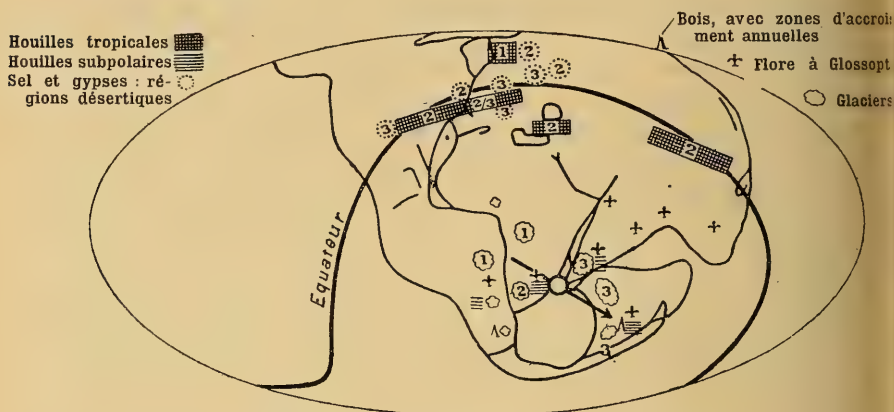


FIG. 3. — TÉMOINS CLIMATIQUES DE L'ANTHRACOLITHIQUE.

1, Carbonifère ancien ; 2, Carbonifère récent ; 3, Permien.

gypse, etc. L'emplacement du pôle sud correspondant à un tel équateur se trouve être précisément un centre de soudure de l'Afrique méridionale, Madagascar, l'Inde, l'Australie et l'Antarctide, contrées où nous connaissons des traces glaciaires, des restes de la flore à *Glossopteris*, des bois fossiles avec traces de cercles annuels, enfin des argiles subpolaires.

Dans l'hypothèse de Wegener, le pôle nord se trouvait alors en plein Pacifique, ce qui explique que nous n'en connaissons pas d'éléments géologiques caractéristiques. Si l'on n'admet pas la dérive des continents et si, pour expliquer la glaciation anthracolithique, on place comme le font certains géologues, le pôle Sud au centre de l'Océan Indien, le pôle Nord se trouve reporté au Mexique, alors que les formations anthracolithique, des régions centrales du Nord-Amérique témoignent indéniablement d'un climat tropical. L'hypothèse de Wegener est donc dans ce cas plus vraisemblable que les manières de voir adoptées jusqu'à ce jour par les géologues.

Wegener admet ainsi a priori la possibilité des déplacements de l'équateur et des pôles terrestres au cours des périodes géologiques. Ce sont ces déplacements qui auraient entraîné les modifications graduelles de climat dont témoigne l'évolution des flores et des faunes fossiles. Il est certain que l'existence, aujourd'hui démontrée, de dépôts glaciaires cambriens, ne permet plus d'admettre l'homogénéité d'un climat tropical s'étendant au début des temps paléozoïques à toute la surface du globe.

Si les masses continentales ont été constamment en dérive, il n'y a pas lieu d'être surpris que les localisations, que l'on a tenté d'établir, de zones climatiques, aux différentes époques, ne se traduisent pas sur un planisphère actuel, par des bandes parallèles à l'équateur. Ce seraient précisément ces déplacements des aires d'ancienne consolidation qui entraîneraient sur la surface terrestre les modifications d'équilibre des compartiments de l'écorce ayant déterminé les déplacements de l'équateur et de l'axe des pôles.

Du fait de l'étroite localisation des régions du globe dont nous connaissons bien la constitution du sous-sol, peut résulter une apparente homogénéité du régime climatique de la Terre, si par exemple toutes les contrées suffisamment explorées au point de vue géologique se trouvent être plus ou moins voisines de l'équateur pour une période déterminée.

On pourrait admettre théoriquement qu'à une période ancienne mais assez peu éloignée chronologiquement du Cambrien, l'équateur était le grand cercle coupant en deux parties sensiblement égales dans le sens de son plus grand allongement, le bloc continental coalescent. Dans ce cas on s'expliquerait l'homogénéité relative du milieu biologique marin dont les dépôts paléozoïques nous sont connus. Par rapport à la forme des terres actuelles ce très vieil équateur serait passé plus ou moins au voisinage des emplacements des pôles nord et sud, en empruntant à peu près la région axiale de l'Atlantique. Progressivement l'équateur se serait déplacé pour arriver à être un grand cercle situé dans un plan perpendiculaire à son ancien plan. En même temps que s'effectuait ce déplacement, les continents partaient à la dérive. Reportés sur la carte des terres actuelles, les équateurs correspondant à ces périodes successives cesseraient de présenter l'apparence de grands cercles et ne sembleraient reprendre finalement cette forme qu'à l'époque actuelle.

Si tel avait été le processus du déplacement de l'axe des pôles on pourrait concevoir que les formations géologiques marines accessibles à nos investigations affectent initialement des faciès

témoignant d'une relativement grande homogénéité climatique, puisque progressivement s'effectue une différenciation.

Mais même au point de vue climatique on a l'impression que les faits d'observation témoignent d'un processus bien plus complexe que ne le laisserait soupçonner la théorie de Wegener sous la forme simple que lui donne le géophysicien allemand.

Le large développement des formations glaciaires quaternaires a été considéré comme le caractère physique essentiel de la dernière des grandes ères géologiques. En réalité il semble que d'une façon constante chaque grande phase du diastrophisme terrestre ait été suivie d'une période glaciaire : il en fut du moins ainsi après les plissements huronien, calédonien, hercynien. Les chaînes tertiaires comme les chaînes anthracolithiques sont de deux âges, les unes sont les plus anciennes, tel est le cas des Pyrénées, les autres plus jeunes, comme les Alpes. Il est à présumer d'ailleurs que dans les Pyrénées les premières extensions glaciaires soient plus anciennes que dans les Alpes. En tous cas dans les temps secondaires, les glaciers durent n'occuper que des surfaces restreintes sur le globe.

Les répercussions climatiques des déplacements des glaciers ont produit leur effet sur toute la surface du globe, où, d'une façon générale, des périodes chaudes semblent correspondre aux phases glaciaires et des périodes froides aux phases interglaciaires.

Dans les régions tropicales et subtropicales de vastes étendues lacustres occupaient les grandes cuvettes asiatiques, africaines ou américaines. Leurs rivages ont subi au cours de l'ère quaternaire des déplacements dont l'histoire n'est encore qu'à peine esquissée.

Toutes ces remarquables modifications qui ont successivement ou simultanément affecté les milieux physiques quaternaires ont réagi sur la flore et la faune.

Le refroidissement très marqué des terres nord-atlantiques au début du Quaternaire a eu une répercussion bien marquée sur la distribution des animaux. Les Mammifères néogènes de l'Amérique du Nord sont en bonne partie alors refoulés au Sud des régions des États-Unis, où ils évoluaient depuis le début de l'ère tertiaire : ils y caractériseront désormais la *province sonoriennne* ou *mexicaine*. De même, c'est en Afrique d'une part, dans l'Extrême et le Moyen-Orient d'autre part, que seront dorénavant confinés les descendants des êtres qui, aux temps néogènes, s'étaient répandus sur les larges surfaces des provinces africano-eurasiatique et hindoue : dès lors isolés les uns des autres, ils s'individualisent

en deux groupements qui forment la *province éthiopienne* et la *province orientale*. Celle-ci, surtout bien caractérisée dans l'Inde, se sépare complètement désormais de la nouvelle association biologique qui s'est spécialisée dans le centre de l'Asie, avant d'envahir le Canada et les États-Unis par la région de Behring, et l'Europe par les plaines situées en bordure de la Caspienne : la vaste *province holarctique* ainsi constituée est donc l'image des changements considérables apportés à la répartition des organismes dans l'hémisphère nord par les phénomènes glaciaires du début et du milieu de la période quaternaire. Ces importantes modifications climatologiques n'ont eu qu'une répercussion très atténuée sur le milieu biologique de l'hémisphère sud, où les *provinces sud-américaine, malgache et australienne*, conservent la même physionomie archaïque qu'aux temps tertiaires.

L'aire de dispersion de la faune holarctique, qui correspond plus ou moins à la zone botanique des forêts boréales, embrasse donc presque toutes les régions tempérées nord, et par suite une grande partie des terres aujourd'hui émergées. On peut la comparer à l'aire d'extension de la flore et de la faune anthracolithiques de Gondwana. Ces associations biologiques des régions holarctiques quaternaires et du continent anthracolithique de Gondwana semblent devoir l'origine de leur individualisation à un appauvrissement du milieu organique en rapport avec de grandes avancées des glaciers. De tels phénomènes, liés indirectement aux mouvements orogéniques, auraient eu ainsi pour effet le renouvellement complet de peuplements régionaux considérables, tantôt dans l'hémisphère nord, tantôt dans l'hémisphère sud.

Je ne vois pas dans la théorie de Wegener, telle que l'expose cet auteur, une explication satisfaisante de l'extension géographique des glaciers quaternaires, à moins d'admettre un déplacement assez considérable des pôles au cours de cette période, déplacement dont ne paraissent en aucune manière témoigner les autres facteurs des conditions physiques à la surface du globe.

VII. LA PALÉOGÉOPHYSIQUE

A. L'Isostasie.

On sait que Suess a divisé le globe terrestre en 3 zones de densité décroissante, l'interne ou *nife* (composée de Ni et de Fe), la moyenne ou *sima* (où prédominent Si et Mg), l'externe, *sal* ou mieux *sial* (surtout formée de Si et Al). La zone interne correspond

à la barysphère, la moyenne aux roches basiques (basaltes), l'externe aux granites, gneiss et roches sédimentaires.

A 30 ou 40 kilomètres de profondeur le nife est en fusion. Au-dessus la lithosphère solide se maintient en équilibre, à la surface donc d'un bain magmatique plus dense qu'elle-même. Mais cet équilibre ne saurait être complètement réalisé que si les continents, surélevés au-dessus du niveau moyen de la surface du globe, s'enfoncent d'autant plus profondément dans la masse visqueuse. La zone relativement la moins dense de la lithosphère est donc plus épaisse dans les parties de l'écorce situées sous les continents que dans celles subordonnées aux océans. La condition d'équilibre ainsi réalisé a reçu le nom d'*isostasie*.

Ce serait pour Bailey Willis, la poussée constante de la zone plus dense située sous les océans qui, triomphant de la rigidité de l'écorce terrestre, déterminerait l'écoulement des parties plus denses vers les parties moins denses, par conséquent des océans vers les continents.

Les géologues d'outre-atlantique sont arrivés, par une série de mesures isostatiques, à cette notion que le continent nord-américain se maintient au-dessus du niveau des mers, non en raison de la rigidité de l'écorce terrestre, mais parce que, masse de faible densité, il flotte sur le *sima*.

Chamberlin en conclut que la compensation pourrait se faire même dans un corps ayant la rigidité du granite ou de l'acier et une base visqueuse ne serait nullement nécessaire à la réalisation de l'équilibre isostatique. Une telle base, au contraire, en interdirait l'établissement car elle serait incapable d'intégrer toutes les tensions latérales, puis après intégration, de les faire se traduire par des mouvements tectoniques.

Les observations faites avec le pendule ont démontré que la moindre densité de l'eau de l'océan est compensée par la plus grande densité du fond des mers. Inversement les masses continentales, qui font saillie au-dessus du niveau des mers, ont leur excédent de masse apparent compensé par un déficit.

Pour Wegener, il n'y aurait même pas de *sial* sous les grands océans ; les masses d'eau de mer reposeraient directement sur le *sima* fluide, comme les socles rocheux continentaux seuls formés de *sial* : ceux-ci flotteraient dans le bain de *sima* où leur base plongerait à la façon des icebergs (Fig. 4).

B. La formation des plissements.

Wegener rejette complètement comme cause des mouvements tectoniques la contraction. La radioactivité ne nous fait-elle pas

d'ailleurs douter du refroidissement de notre globe, tel du moins que le concevaient les anciens auteurs.

Le géophysicien allemand explique la formation des chaînes de montagnes par la résistance du sima aux continents de sial en dérive dans sa zone supérieure.

Les poussées tangentielles ne se produiraient donc qu'en profondeur. D'après l'isostasie, en effet, c'est seulement 5% de la hauteur des continents qui émerge au-dessus du magma.

On peut dès l'abord objecter à la théorie de Wegener que des plissements importants, sans doute même des nappes de charriage, se sont formés certainement au voisinage de la surface de la terre.

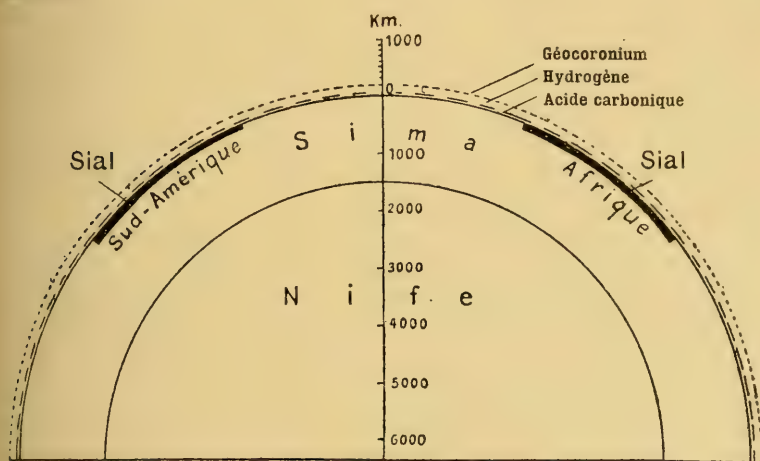


FIG. 4. — COUPE PAR UN GRAND CERCLE A TRAVERS L'AMÉRIQUE DU SUD ET L'AFRIQUE EN PROPORTIONS EXACTES.

Pour Wegener, toute masse continentale finirait par être découpée en tronçons plus ou moins étendus par de grandes fractures, du type de celles de la Syrie et de l'Afrique orientale. Dans les zones de disjonction ainsi produites et de largeur croissante finirait par s'engouffrer le sima, tandis que sur les fronts des continents en dérive le sial éprouverait de la part du sima superficiel solidifié une résistance telle qu'il devrait se plisser à sa périphérie du côté vers lequel il progresse. Mais du fait de son mouvement en avant le continent tend à se fragmenter vers l'arrière, où des guirlandes de sial se trouvent ainsi retenues par leur adhérence au sima. Telle serait l'origine des arcs asiatiques.

Le sima, très plastique, céderait toujours devant la poussée du sial continental, sans jamais tendre à se plisser, ce qui expliquerait

pour Wegener, la monotonie topographique des fonds océaniques.

L'exposé tectonique paraît être dans l'ensemble de la théorie de Wegener, le point faible de l'argumentation, comme E. Gagnebin l'a bien mis en évidence.

Parmi les nombreuses objections que l'on peut faire à la synthèse orogénique de l'auteur allemand, j'insisterai sur la continuité des anciennes chaînes de montagnes autour des vieux boucliers continentaux, la chaîne calédonienne notamment, fournissant un bel exemple de plissement circanordatlantique. Je ferai remarquer encore que l'explication donnée de la formation des guirlandes asiatiques rend bien compte de l'orientation de leur concavité vers le continent sino-sibérien, mais appliquée aux Océanides, qui seraient alors des guirlandes « circagondwaniennes », elle nous conduirait à admettre que le continent de Gondwana a autrefois occupé la plus grande partie des régions pacifiques, où le tronçonnement de sa masse arrière se serait effectué en nombreuses étapes, données inconciliables avec la coalescence originelle des continents, telle que la figure Wegener sur ses esquisses paléogéographiques.

Wegener explique la forme des arcs antillais, Grandes et Petites Antilles, d'une part, Sandwich, Orcades et Géorgie du Sud, d'autre part, par la résistance du sima à la progression vers l'Ouest du sial des deux Amériques dont la force de propulsion était proportionnelle aux surfaces. Ces plissements convexes vers le Pacifique, des Rocheuses d'une part, des Andes d'autre part, se continuent ainsi vers le Sud dans des Cordillères restées en arrière du fait de leur faible développement superficiel.

Ainsi pour Wegener l'une des données qui domine la tectonique du globe réside dans la dérive constante des masses continentales de l'Est vers l'Ouest. Si l'on examine au contraire le mouvement des faunes marines, lacustres, ou terrestres on constate une tendance à un déplacement général de l'Ouest vers l'Est. Dans l'hypothèse du géophysicien allemand on devrait donc admettre que les continents et les mers néritiques et bathyales qui les environnent en progressant vers l'Ouest se peuplent de nouveaux éléments.

Mais à ce premier mouvement parallélique s'en superpose un second, les continents dérivant très légèrement du Nord vers le Sud. L'on n'a pas encore signalé de déplacements méridiens des faunes. On observera cependant que pour une grande partie des périodes géologiques nous ne connaissons pas d'éléments démonstratifs de l'existence d'une province marine australe. Mais ceci peut tenir, non à l'absence de faunes caractéristiques de cette

province, mais à des lacunes dans nos connaissances. Par contre, je suis bien tenté de croire : les Rhynchocéphales originaires de la Nouvelle-Zélande, les Métathériens d'Australie, les Lémuriens de Madagascar, les Édentés de Patagonie, etc., ce qui témoignerait aussi de déplacements paralléliques des faunes toujours en sens inverse de la dérive continentale.

CONCLUSION

La théorie de Wegener explique donc certains des grands problèmes de paléogéographie, mais elle ne donne, telle du moins qu'elle a été exposée par le savant allemand, qu'une notion incomplète de la complexité des phénomènes de biogéographie. Elle rend compte en partie des curieuses anomalies apparentes que révèlent les données de la paléoclimatologie, mais elle ne permet pas d'interpréter la cause de l'un des points essentiels de ce domaine scientifique. Elle peut contribuer à élucider certaines énigmes de la tectonique, mais elle ne constitue pas une base d'interprétation générale de l'orogénie terrestre.

Si elle fait éclater à nos yeux les lacunes considérables de nos conceptions théoriques des principaux phénomènes géophysiques, on peut cependant dire d'elle qu'elle n'est pas très supérieure à toutes ces interprétations. Elle a fort heureusement attiré l'attention sur la part largement hypothétique de bon nombre de nos idées directrices en géologie. Peut-être nous ramène-t-elle plus près des réalités en nous démontrant tout ce qu'il y a de relatif dans notre notion de la fixité des continents qui certainement sont très mobiles. Il n'y a donc pas localisation des mouvements tangentiels unilatéraux sur l'emplacement des géosynclinaux. Aires continentales et géosynclinaux sont affectés à la fois par des poussées unilatérales, vraisemblablement explicables par l'isostasie, et par des poussées bilatérales ou par des mouvements verticaux (il est bien difficile de préciser) engendrant affaissements et soulèvements, transgressions et régressions.

DISCUSSION

Louis Germain. — *La théorie de Wegener et la Zoogéographie.*

Peut-être pourrait-on voir, dans cette phrase de Plutarque (*De plac. philos.*, III, 12) : « la terre est un disque flottant sur la

mer et dont le fleuve Océan occupe les bords » ¹ l'idée première de la théorie de la dérive des continents telle que l'expose A. Wegener. Cette hypothèse est-elle d'accord avec les faits d'ordre géographique ? La question est assez complexe et, pour la résoudre, il faut se rappeler que la distribution géographique actuelle des animaux n'est que la résultante des répartitions antérieures ; qu'elle doit tenir compte à la fois des migrations aux époques géologiques passées et de celles se poursuivant aujourd'hui.

A. Wegener s'est surtout attaché à l'étude de l'Océan Atlantique et c'est cette partie du globe dont je parlerai d'abord. Si l'Amérique du Sud a été autrefois accolée à l'Afrique, l'Amérique du Nord au Groenland et à la Scandinavie, on s'explique mal l'aspect actuel de l'Océan Atlantique, tel qu'il nous est révélé par les cartes océanographiques : une longue crête centrale, ligne de hauts fonds s'étendant du Spitzberg à l'Antarctique avec deux grandes cuvettes latérales profondes, presque symétriques dans l'Atlantique Sud. C'est, en somme, un vaste géosynclinal et si l'Amérique avait par une sorte de mouvement de translation, dérivé vers l'Ouest en glissant sur le magma visqueux, elle aurait dû laisser, entre elle et l'Afrique, une mer sensiblement uniforme, ne présentant que des accidents locaux et non la crête centrale dont je viens de parler. A. Wegener place à l'Éocène le contact entre l'Amérique du Sud et l'Afrique, conception manifestement erronée puisqu'il existe, tout le long des côtes occidentales de l'Afrique, des dépôts crétacés. C'est probablement au Crétacé que s'est formé l'Atlantique Sud, beaucoup plus ancien que l'Atlantique Nord et cet Océan s'est creusé en deux temps : d'abord la partie Sud vers le Crétacé puis, bien plus récemment, la partie Nord.

Les analogies très nombreuses présentées par les faunes de l'Afrique et de l'Amérique du Sud semblent, à un premier examen, s'expliquer très naturellement grâce à la dérive des continents.

Mais les choses ne sont pas aussi simples et ces analogies sont de divers ordres. Il y a d'abord des animaux d'origine très ancienne comme, par exemple, les *Peripatus* et les Gastéropodes de la famille des *Acavidæ* qui ont habité, non seulement l'ancien pont Africano-Brésilien, mais aussi le continent de Gondwana. Puis il existe des animaux d'origine plus récente (comme les Ampulnaires et certains Pélécy-podes) dont les analogies sont peut-être dues à un phénomène de convergence, car la symétrie entre les

1. La même conception se trouve dans GALIEN, *De philos. Hist.*, cap. 21.

deux masses continentales est considérable de nos jours : le bassin de l'Amazonie correspond à celui du Congo comme la grande forêt équatoriale africaine aux forêts équinoxiales du Brésil. Or, si les deux continents ont été contigus dans le passé, les animaux de même origine auraient évolué dans le même sens sur cette unique masse terrestre ! Ce n'est pas ce que l'on observe. Prenons, par exemple, les *Acavidæ* dont on ne connaît pas le centre de dispersion, mais qui constituent une famille très homogène comprenant : les *Acavidæ* des îles de Madagascar, de Ceylan et de l'archipel des Seychelles ; les *Caryodinæ* de l'Australasie ; les *Dorcasidæ* de l'Afrique Australe et les *Strophochelinæ* de l'Amérique du Sud. Ces derniers ont été longtemps pris pour des *Bulimes* en raison de leurs caractères morphologiques. De plus, leur évolution a été nettement divergente par rapport à celle des trois premiers groupes bien plus voisins les uns des autres que des *Strophochelinæ*. La théorie de Wegener ne rend pas compte de ces faits qui s'expliquent très simplement avec l'hypothèse du Continent Africano-Brésilien : les *Strophochelinæ*, vivant à l'extrême Ouest de l'aire de dispersion de la famille, dans des conditions écologiques différentes, ont dû évoluer dans une direction particulière, en s'éloignant de plus en plus de leurs ancêtres. S'il a existé, ce qui est probable, des formes intermédiaires, elles ont sans doute disparu au moment de l'effondrement de la région médiane, aujourd'hui engloutie sous les eaux de l'Atlantique Sud.

La composition de la faune des îles de l'Atlantique Nord (archipels des Açores, de Madère, des Canaries, des îles du Cap Vert) est en contradiction avec la théorie de A. Wegener. Cette faune présente quelques analogies avec celle de l'Amérique centrale et des Antilles, *mais elle n'offre aucun point de contact avec celle de l'Afrique équatoriale*¹. Par contre, on peut réellement la considérer comme une faune circumméditerranéenne occidentale ayant pris un certain cachet de spécialisation depuis l'isolement des archipels. De plus, la faune malacologique vivante et subfossile des îles atlantiques est la survivance, presque la continuation, de la faune Miocène de l'Europe occidentale. Tous ces faits ne concordent pas avec l'hypothèse de la dérive des continents mais s'expliquent, d'une manière en somme satisfaisante, par l'existence de ponts continentaux aujourd'hui effondrés.

Il est inutile d'insister bien longuement sur la partie nord de

1. Abstraction faite, bien entendu, des espèces africaines introduites récemment dans ces îles, notamment dans celles de l'archipel du Cap Vert.

l'Océan Atlantique. On sait que des communications terrestres ont existé, entre le Nord de l'Amérique, le Groenland et l'Europe, à une époque très récente, pleistocène. Et si l'on peut concevoir des échanges des faunes entre l'Amérique et l'Europe et réciproquement grâce à des migrations sur l'emplacement du détroit de Behring, il est des cas où cette explication est inadmissible. Je citerai seulement un Mollusque, l'*Helix (Tachea) hortensis* MÜLLER, originaire de l'Asie Antérieure. Il s'est, au Quaternaire, répandu dans l'Europe occidentale et septentrionale d'où il a gagné les *régions orientales* de l'Amérique du Nord. Comme cette espèce est absente, aussi bien en Sibérie que dans toutes les contrées occidentales de l'Amérique, sa migration a pu se faire seulement par un pont septentrional unissant l'Europe à l'Amérique du Nord.

Un autre fait important à l'encontre de la théorie de A. Wegener est l'existence de la Mer des Sargasses. On sait que l'on donne ce nom à une vaste accumulation d'Algues flottantes s'étendant, approximativement, du 20° au 35° de latitude Nord et du 35° au 75° de longitude Ouest (Grenwich). Or les espèces de Sargasses habitant cette région de l'Océan Atlantique sont différentes de celles vivant sur les côtes des Antilles et de l'Amérique Centrale. Elles ne nourrissent pas une faune pélagique, comme on pourrait le supposer *a priori*, mais bien une *faune littorale* dont les espèces n'ont que de lointains rapports avec les éléments correspondants des rivages de l'Europe ou du Nouveau Monde. Ces faits ne sauraient concorder avec l'hypothèse de la dérive des Continents.

Des observations de même ordre peuvent être faites dans l'Océan Pacifique. Il existe, dans la longue chaîne d'îles s'étendant de l'archipel des Hawaï à la Nouvelle Calédonie une faune très particulière — abstraction faite, bien entendu, des espèces introduites par l'homme — ne présentant que de lointains rapports avec celles de l'Amérique, de l'Asie et de l'Australasie. Ces îles sont à des distances considérables des continents : l'archipel des Sandwich est à plus de 3700 kilomètres de la côte la plus voisine (l'Amérique du Nord) et à la même distance des îles Marquises et des îles Samoa au Sud. Dans de telles conditions, les introductions par les procédés ordinaires de dissémination (vents, courants, Oiseaux, etc...) sont réduites à leur minimum. Cependant on trouve, dans ces archipels, des Oiseaux aux ailes rudimentaires qui y sont manifestement endémiques. Il y vit aussi une faune malacologique remarquable par sa haute spécialisation. Ce sont des Gastéropodes terrestres, souvent abondants, appartenant à des familles très particulières : celles des *Tornatellidæ*,

des *Partulidæ* et, surtout, des *Achatinellidæ*¹. Cette dernière notamment montre une organisation éloignée de celle de toutes les familles connues de Mollusques terrestres et fluviatiles, sans rapports réels avec celles de l'Amérique, de l'Asie et de l'Australasie. Son origine est probablement très ancienne, peut-être paléozoïque ; elle est inconnue à l'état fossile en dehors des îles polynésiennes et ne présente aucune analogie avec les familles fossiles décrites jusqu'à ce jour. On peut dire, de ce point de vue, que le Pacifique est bien un monde spécial, différent quant à sa faune et à l'origine de cette dernière. C'est, de plus, un argument de valeur en faveur de l'existence d'un Continent Pacifique aujourd'hui effondré sous les eaux. Et cette hypothèse rend mieux compte des faits observés que la théorie d'Arrhénius que l'on a voulu appliquer ici, en admettant que les animaux spéciaux des îles Polynésiennes provenaient de germes vivants d'origine interplanétaire tombés sur notre globe. En tous les cas, les faits dont je viens de résumer l'essentiel ne concordent pas davantage, pour l'Océan Pacifique que pour l'Océan Atlantique, avec la théorie de la dérive des Continents. Car si les terres ont toutes été accolées, à un moment de leur histoire, les faunes continentales devraient présenter, dans leur ensemble, des analogies ou mieux, des similitudes que les zoologistes sont loin de leur reconnaître. De plus il ne saurait exister, perdue au milieu de l'Océan Pacifique, une faune tellement éloignée de toutes les autres qu'elle semble constituer un monde à part, une création spéciale et autonome.

Les zoogéographes ne sauraient donc souscrire à l'hypothèse de la dérive des continents. Si dans la conception de A. Wegener, le contact, à une époque antérieure, d'une part de l'Afrique Équatoriale et de l'Amérique du Sud et, d'autre part, de l'Afrique Australe, de Madagascar, de l'Inde et de l'Australasie semble d'abord expliquer facilement les incontestables analogies présentées par les *éléments anciens* des faunes de ces continents, un examen attentif montre que le problème est beaucoup plus complexe. Dans d'autres cas (îles de l'Océan Atlantique, mer des Sargasses, archipels de l'Océan Pacifique), la théorie de A. Wegener est en contradiction absolue avec les faits observés. Dans l'état de nos connaissances, la distribution géographique des animaux se comprend seulement si l'on admet l'existence de ponts continentaux aujourd'hui disparus sous les mers. Dans bien des cas cette conception est évidemment une hypothèse et des objections

1. Les mêmes constatations peuvent être faites au sujet de la flore, remarquablement spécialisée, et dont plus des 3/5 des espèces sont endémiques.

diverses, pas toujours très solides, ont été élevées contre elle. Sans être parfaite, elle est jusqu'ici la seule permettant d'expliquer les migrations animales et la répartition actuelle des espèces. C'est pourquoi les zoogéographes la préfèrent à toutes les autres.

Louis Fage. — Le rôle des zoologistes en face des théories de Wegener me paraît devoir être très modeste. Ils pourraient sans doute joindre leurs efforts à ceux des géologues et des géophysiciens, spécialement intéressés dans la question, en examinant dans quelle mesure la distribution géographique des animaux, la constitution actuelle de la faune des continents cadrent avec la théorie. Mais là notre tâche devient extrêmement ardue et la plus grande prudence s'impose. Pour aboutir, dans ce domaine, à des conclusions sérieuses, nous ne devons nous appuyer en effet que sur des êtres dont la systématique — au sens le plus large et le plus précis du mot — est parfaitement établie, dont la distribution est entièrement connue, dont on ait au moins quelque lumière sur le passé géologique. Or il est peu d'animaux qui satisfont à ces multiples conditions.

Tel ne semble pas être le cas en particulier de ceux choisis comme exemples par les partisans de la dérive des continents et qu'ils ont jusqu'à présent jetés dans le débat. Qu'il s'agisse des Isopodes du genre *Phreatoicus*, des Coléoptères du genre *Calosoma*, des Péripates, ou surtout de l'Anguille invoquée avec une imprudence rare, nous ne voyons là rien de nature à nous convaincre.

On pourrait, au contraire, citer bien des faits qui s'accommodent parfaitement de la théorie des ponts continentaux et qui sont autant d'objections à celle de Wegener. Je me bornerai à citer le cas de certains Coléoptères Silphides qui viennent de faire l'objet d'une étude extrêmement poussée du Dr Jeannel¹. Dans cette étude, où toutes les espèces sont revisées, où la valeur des caractères taxonomiques, scrupuleusement discutée, permet à l'auteur d'établir, sur des bases précises, la philogénie du groupe et de reconstituer son histoire, nous pouvons suivre, dans le détail, les migrations des différentes séries évolutives.

La série des *Ptomaphagus*, par exemple, a son centre de dispersion dans l'Amérique tropicale. A l'Éocène ils ont émigré dans le Sud-Ouest de l'Europe, par le pont continental transatlantique ayant uni le Mexique et les Antilles à l'Europe méditerranéenne et qui devait se morceler à l'Oligocène. Ils ont alors

1. Arch. Zool. Exp., t. LXI, fasc. 4, 1922.

colonisé les massifs tyrrhéniens sur les restes desquels existent actuellement un certain nombre de formes différenciées. Ils se sont aussi largement répandus en Europe et dans l'Asie paléarctique, atteignant même le Japon, et ont donné des descendants (les *Synaulus*) dans l'Afrique du Nord.

Pendant le Miocène les *Ptomaphagus* d'Europe sont passés dans l'Amérique du Nord par les continents nord-atlantiques. Ils y ont colonisé les grottes du Kentucky (*Adelops hirtus*) et ont aussi fait souche de Myrmécophiles. Ce retour de la lignée des *Ptomaphagus* sur le continent nord-américain est prouvé par l'identité absolue de l'organe copulateur si particulier de l'*Adelops*, des *Synaulus* et des *Ptomaphagus* d'Europe.

Au Pliocène enfin, lorsque les deux Amériques se sont trouvées réunies, des *Ptomaphagus* de l'Amérique du Sud sont passés dans l'Amérique du Nord : les espèces de Californie, de Géorgie, du Texas appartiennent au même type que les espèces du Vénézuéla et du Brésil.

Cet exemple montre bien à quel point est féconde l'hypothèse des ponts continentaux qui, associée à une systématique bien faite, permet de rendre compte de faits aussi complexes que ceux exposés ci-dessus. L'hypothèse de Wegener, en revanche, est incapable de nous expliquer pourquoi, si, comme le prétend le géophysicien de Marbourg, l'Amérique du Sud et l'Afrique tropicale étaient encore à l'Éocène en étroite connexion, les *Ptomaphagus* primitifs si abondants au Vénézuéla, en Colombie, au Brésil, en Bolivie, n'ont laissé aucun représentant dans cette Afrique tropicale qu'ils auraient dû forcément traverser pour gagner l'Europe.

Les mêmes faits et les mêmes objections nous seraient fournis par l'étude des migrations de la série des *Anemadus*.

Mais il convient au rôle modeste que je me suis reconnu en commençant d'être bref sur un tel sujet. Je conclurai donc en demandant aux géologues et aux géophysiciens le minimum de preuves qui rendrait la théorie de Wegener au moins possible, sinon probable. En attendant, nous continuerons, comme par le passé, à nous accommoder de l'hypothèse des ponts continentaux, mettant au compte de notre ignorance particulière les faits qu'elle ne suffirait pas à expliquer.

G.-F. Dollfus. — *L'isolement ancien des continents.*

Si le continent américain tempéré et tropical a été uni autrefois au continent Européen et Africain, cette union a pris fin depuis bien longtemps et les faits paléontologiques ne lui sont

pas favorables ; la fosse atlantique est très ancienne. Depuis le Crétacé, tout au moins, la faune des côtes américaines a été différente de celle de l'Europe. Il s'est développé aux Antilles et sur la côte des États-Unis, depuis le Crétacé jusqu'à nos jours, une série de faunes successives présentant un très remarquable parallélisme avec les faunes européennes, sans atteindre l'identité spécifique, on la suit terme à terme. A l'Éocène la faune de l'Alabama est bien celle du Calcaire grossier de Paris, *Venericardia densata* CONRAD est comme identique au *Venericardia planicosta* LAMK. et une foule d'autres espèces comparables l'accompagnent. A l'Oligocène, les couches d'Ocala, de Tampa, correspondent aux Sables de Fontainebleau. *Natica* (*Ampullina*) *mississippinensis* CONRAD diffère à peine de *Natica* (*Megatylotus*) *crassatina* LAMK. Au Miocène l'analogie est frappante et j'avais prié M^{me} la comtesse Lecoindre de comparer la Touraine au Maryland, elle l'a fait avec succès. Au Pliocène, même parallélisme ; dans les mers actuelles, sur les plages, des deux côtés de l'Atlantique, on rencontre les espèces représentatives les plus intéressantes. Vers le Nord il y a communication, et la faune de la Norvège du Nord actuelle a beaucoup d'espèces communes avec le Canada. Cette situation de faunes parallèles à développement concomitant se présente sur une longue étendue des côtes, aux États-Unis presque de New-York jusque dans les Antilles.

En Europe, l'Éocène d'Angleterre et de France a été reconnu jusqu'au Sénégal et M. Leriche l'indique sur le littoral du Congo, le Miocène descend du Cotentin dans la Touraine, le Bordelais, le Portugal jusqu'au Rio de Oro en Mauritanie, la faune méditerranéenne n'en est qu'une expansion centrale. Le rivage pliocène est connu de l'Angleterre au Maroc. Les dépôts côtiers marins crétaciques de l'Afrique tropicale, très nets, prolongent le temps et dans l'espace le tracé de la fosse atlantique et l'immuabilité des grandes masses continentales qui l'encadrent. Ce n'est que par les terres arctiques qu'un pont continental a pu faire communiquer l'Amérique du Nord avec l'Europe septentrionale, jonction dont nous avons les preuves paléontologiques ; les coquilles, comme les Mammifères, du loess du Canada sont les mêmes que celles du limon européen.

COLONEL Perrier. — *L'hypothèse de Wegener trouve-t-elle sa justification dans les théories ou les observations de la Géodésie ?*

La Géodésie apporte-t-elle des faits précis, bien établis, pour étayer ou infirmer l'hypothèse de Wegener ?

Tout déplacement des continents ou mouvement des pôles doit être révélé par des variations des coordonnées géographiques observées, latitudes et longitudes.

Les latitudes varient, et ce sont ces changements incontestés qui ont mis en évidence le mouvement des pôles démontré théoriquement depuis Euler. Mais disons de suite que ce mouvement est d'ordre infime.

Euler, en supposant la terre absolument rigide, a prouvé que si son axe de figure (axe de révolution de l'ellipsoïde terrestre) a coïncidé autrefois avec l'axe autour duquel elle tourne (axe de rotation ou ligne des pôles), le moindre déplacement des masses terrestres a dû détruire cette coïncidence, et depuis lors la ligne des pôles doit décrire autour de l'axe de figure un cône en faisant un tour complet en 305 jours.

A la fin du XIX^e siècle, Newcomb démontra qu'en admettant une certaine élasticité du corps terrestre, la période d'Euler doit être portée à 427 jours. Chandler établit qu'en réalité le mouvement du pôle est représenté par une formule à deux termes dont les périodes sont 14 mois (celle de Newcomb) pour le premier et 12 mois pour le second.

Il est remarquable que les observations prolongées de certains marégraphes (Le Helder, San-Francisco, etc.) ont mis en évidence des élévations et abaissements périodiques du littoral d'une période de 14 mois. Faut-il les expliquer par la tendance de toute masse qui tourne autour d'un axe à se distribuer symétriquement autour de cet axe, tendance plus forte pour les eaux que pour la croûte solide ?

L'explication de la période de 12 mois doit être cherchée dans les phénomènes annuels : augmentation ou diminution des glaces polaires, déplacements de masses d'air, etc.

L'observation a vérifié à peu près la théorie. Un *Service international des Latitudes* qui dépendait de l'ancienne *Association géodésique internationale* et dépend à présent à la fois de la *Section de Géodésie* de la nouvelle *Union géodésique et géophysique internationale* et de l'*Union astronomique internationale*, suit de manière continue depuis 1898 les mouvements du pôle par des observations de latitude de haute précision. On trace la *polhoïde*, c'est-à-dire la courbe lieu des positions du pôle de rotation et les astronomes en tiennent compte dans la réduction de leurs observations.

Mais cette courbe est une courbe fermée ou plutôt une courbe qui revient sans cesse sur elle-même et reste toujours contenue dans le même carré d'une quinzaine de mètres de côté. Donc ce

mouvement périodique et d'amplitude limitée du pôle ne constitue aucun argument en faveur de la théorie de Wegener.

Schiaparelli a d'ailleurs montré que dans l'état actuel de la terre, à peu près rigide, l'arasement du plateau tibétain et la précipitation de l'Himalaya dans l'Océan Indien ne pourraient produire qu'un faible déplacement des pôles.

Quant aux longitudes, Wegener a tiré un de ses arguments en faveur de la dérive des continents du fait que les comparaisons des mesures de longitude effectuées au Groenland en 1823, 1870 et 1907 auraient mis en évidence des déplacements vers l'Ouest de 400 m. entre 1823 et 1870, de plus d'un kilomètre entre 1870 et 1907.

Des déplacements dans le sens est-ouest de 400 à 1 000 m. correspondraient sous l'équateur à des variations en longitude de 1 à 2 secondes de temps, et au Groenland, sous la latitude 70° , aux mêmes variations multipliées par $1/\cos. 70^\circ$, soit environ trois fois plus fortes, 3 et 6 secondes de temps. Depuis l'emploi de la télégraphie, avec ou sans fil, pour échanger entre deux stations des signaux instantanés, nous pouvons avoir la prétention de déterminer une différence de longitude entre deux points bien définis à quelques centièmes de seconde près, mettons pour être plus modestes à un dixième près, mais auparavant les méthodes employées pour relier deux stations lointaines, transport des montres, observations de la lune, etc., ne permettaient guère une précision supérieure à celle de quelques secondes de temps et pouvaient être affectées d'erreurs approchant de la minute. Sans avoir eu ni le temps ni les moyens de remonter aux sources, je crains bien que les conclusions tirées d'observations dont certaines remontent à 1823 ne soient très osées. Je ne connais aucune variation de l'ordre de grandeur signalé qui ait été dûment constatée entre points bien connus et bien déterminés en longitude et qu'on ne puisse attribuer à des erreurs d'observation¹.

Il convient d'indiquer en passant que l'emploi de la T. S. F. en permettant de recevoir, grâce à de puissants postes émetteurs comme ceux de la Tour Eiffel, Bordeaux et Lyon, en n'importe quel point de la terre, l'heure du méridien origine, va désormais multiplier le nombre des différences de longitudes de haute

1. Depuis que ces lignes ont été écrites, nous avons reçu la publication *Ekspe-ditionen til Vestgronland Sommeren, 1922*, par P. J. JENSEN, qui conclut pour la station de Godthaab, d'après la discussion d'observations faites en 1863, 1882-83 et 1922, à un déplacement actuel annuel vers l'Ouest de 20 m. 2, ce qui viendrait à l'appui des idées de Wegener, mais les observations de 1863 et de 1882-83 sont des culminations lunaires et entre ces deux époques, si elles étaient exactes, elles révéleraient un déplacement de 2 s. 6 vers l'Est.

précision, observables seulement autrefois entre stations reliées par un fil ou un câble. Sous ce rapport, la question des longitudes doit intéresser au plus haut point les géologues. Nul doute que d'ici un petit nombre d'années, les géodésiens ne mettent à leur disposition d'abondants matériaux d'une haute exactitude sur la fixité ou la variabilité des longitudes.

L'hypothèse de Wegener trouve-t-elle enfin des arguments dans les constatations et les théories de cette branche de la Géodésie qu'on peut appeler la Géodésie physique ?

On connaît la faveur dont jouit aujourd'hui chez la plupart des géologues la théorie de l'*isostasie* : Une surface concentrique au niveau des mers et située à une certaine profondeur au-dessous de celui-ci, serait pour ainsi dire en équilibre hydrostatique, c'est-à-dire supporterait de la part des masses susjacentes des pressions égales en tous ses points ; plus exactement la pression totale serait la même sur des aires assez étendues de ladite surface, d'un degré carré par exemple. Les masses renfermées dans des cylindres droits ayant pour bases inférieures ces aires et leurs bases supérieures sur la surface géographique terrestre, seraient égales, ce qui impliquerait une densité plus forte des couches situées au-dessous des mers, une densité plus faible des couches situées au-dessous des montagnes et plateaux élevés. Cette thèse a été très développée par les géodésiens américains, Hayford et Bowie. Grâce aux travaux d'une si grande envergure du Coast Survey, disposant d'un nombre considérable de matériaux, ils ont pour ainsi dire soumis l'immense territoire des États-Unis au calcul ; se basant sur les déviations de la verticale et les anomalies de la pesanteur observées, ils en ont déduit la profondeur la plus probable de la surface en question, 96 km. environ, et développé nombre de considérations du plus haut intérêt pour les géologues.

Quand Wegener, s'inspirant de Suess, admet que le *Sial* relativement léger, qui constitue les continents, baigne dans le *Sima* plus lourd dont est formé le fond des océans, quand il affirme que la *lithosphère* légère est plus épaisse sous les terres que sous les mers, il admet l'*isostasie* ; il est d'accord avec la plupart des géodésiens d'aujourd'hui. Il faut toutefois remarquer que la manière dont le Coast Survey a traité le problème n'a pas été sans rencontrer, chez certains, une vive opposition.

Mais si, abstraction faite de toute hypothèse, nous passons dans le domaine des faits, nous sommes bien forcés de convenir que les anomalies de la pesanteur conduisent à admettre une répartition des matériaux de l'écorce terrestre analogue à celle que la théorie isostatique admet et Wegener avec elle.

Il faut d'abord préciser aussi simplement que possible ce qu'on appelle *anomalie de la pesanteur* : La dynamique conduit à admettre qu'une masse fluide en rotation, composée de couches concentriques et homogènes, sous les influences combinées de l'attraction newtonienne des diverses molécules et de la force centrifuge, prend la forme d'un ellipsoïde de révolution et que l'intensité de la pesanteur à sa surface, résultante des deux forces précédentes, obéit à une loi de distribution exprimée par des formules (Clairaut, Helmert, etc.) de la forme :

$$g_L = g_a(1 + \beta \sin^2 L + \text{des termes le plus souvent négligeables}).$$

g_L pesanteur à la latitude L , g_a pesanteur à l'Équateur, g_b , pesanteur au pôle, $\beta = \frac{g_b - g_a}{g_a}$.

Pour la terre, la discussion de toutes les observations permet de déterminer les coefficients g_a , β les plus probables. Par suite, on peut calculer pour un point quelconque de latitude L , *situé au niveau de la mer*, la pesanteur théorique g_L .

D'autre part, l'observation de la pesanteur par le pendule ou tout autre méthode, en un point quelconque de la surface géographique du globe, donne une valeur g'_L . Par des méthodes et des formules sur lesquelles nous n'avons pas à insister ici, on corrige cette valeur de manière à en déduire la pesanteur g''_L au point correspondant situé au niveau de la mer. On constate alors que g''_L diffère plus ou moins de la valeur théorique g_L .

C'est donc que la distribution des masses n'est pas celle que l'on avait supposée, par couches concentriques et homogènes. $g''_L - g_L$ est l'*anomalie de la pesanteur* à la station considérée.

Une anomalie positive indique évidemment la présence au-dessous de la station de masses de forte densité anormale. Au contraire une anomalie négative révèle une faible densité anormale des mêmes masses.

Or, les stations où l'on a observé g peuvent se répartir en quatre classes :

1° *Stations continentales* (à l'intérieur des continents). Les anomalies sont le plus souvent négatives et augmentent en valeur absolue à mesure qu'on s'élève. L'Himalaya, le Mont Blanc, présentent de fortes anomalies négatives, donc des défauts de densité intérieurs.

2° *Stations côtières*. — Les anomalies sont plus souvent positives que négatives, tout en gardant en général le même signe pour le même littoral. Il y a là des circonstances locales variables.

3° *Stations insulaires* (petites îles isolées dans les océans). Les anomalies ont généralement de fortes valeurs positives que l'on

attribue à l'attraction du pilier rocheux de l'île (îles Sandwich, par exemple).

4° *Stations en plein océan.* — Le problème de la détermination de la pesanteur en mer, étudié par de nombreux savants, n'est point encore résolu de façon satisfaisante. On ne saurait trop le regretter, les déterminations précises de g étant limitées à un quart de la surface du globe. Toutefois M. Hecker, de l'Institut géodésique prussien, au cours de ses croisières de 1901 dans l'Atlantique, 1903-04 dans le Pacifique, 1909 dans la Mer Noire, a serré la question de très près par la comparaison des hypsomètres et des baromètres à mercure. De ses observations on est en droit de conclure légitimement à l'absence de toute anomalie sensible en pleine mer, comme si l'insuffisante densité des eaux était compensée par une augmentation de densité du fond de la cuvette¹.

En résumé, l'astronomie géodésique n'apporte aucune preuve à l'appui d'un mouvement sensible des pôles et des continents dans le présent ou le passé. Mais les idées de Wegener sur la constitution générale de l'écorce terrestre ne sont pas en contradiction avec les faits dûment constatés par la Géodésie physique. Ceci ne veut pas dire, bien entendu, que les hypothèses orogéniques du même auteur cadrent avec celles qu'inspire la théorie isostatique suivant Hayford et Bowie. Cette question plus spéciale mériterait de trop amples développements pour pouvoir être traitée aujourd'hui.

Ch. Maurain. — Dans les conceptions de Wegener, on peut distinguer celles qui se rapportent à la constitution du Globe et celles qui concernent la dérive des continents. La sismologie moderne fournit un puissant moyen d'investigation des propriétés mécaniques du Globe aux différentes profondeurs; l'ensemble de ses résultats conduit en effet à considérer un noyau central et plusieurs couches concentriques dont les frontières constituent des régions de discontinuité pour les propriétés mécaniques; mais c'est là une idée à laquelle on a été amené déjà par divers chemins, et à ce point de vue Wegener n'a guère innové qu'en supposant à ces couches une déformabilité plus ou moins grande

1. Tout récemment, un savant hollandais, M. Vening Meinesz, déjà connu pour ses déterminations de l'intensité de la pesanteur aux Pays-Bas, vient d'observer g en pleine mer, à bord d'un sous-marin immergé se rendant des Pays-Bas à Java, à l'aide de pendules du type courant Sterneek (voir notes de M. Muller, dans le journal anglais *Nature*, n°s de septembre et décembre 1923). Si la méthode se révèle à l'usage sûre et pratique, les résultats en auront une importance considérable.

sous des efforts continus. Relativement au déplacement des continents pendant les époques géologiques, la sismologie ne peut fournir maintenant de renseignements, parce que ceux qu'elle donne concernent seulement l'époque actuelle, ses méthodes ne remontant pas à un demi-siècle.

Le magnétisme terrestre est étudié de manière assez précise depuis plus longtemps, mais là encore les connaissances certaines ne s'étendent que sur un intervalle de temps infime par rapport à la durée des époques géologiques ; à la vérité on peut espérer déduire de l'aimantation de certaines roches des divers âges des renseignements sur ce qu'était le magnétisme terrestre au moment et au point où elles se sont solidifiées ; mais ces renseignements sont rares, et d'ailleurs les déplacements et les changements d'orientation que les roches auraient pu éprouver dans des mouvements aussi amples que ceux supposés par Wegener rendraient de tels renseignements bien hypothétiques au sujet de ces mouvements.

En somme, on ne peut guère attendre de la sismologie ou du magnétisme terrestre des arguments pour ou contre les conceptions de Wegener, du moins d'ici longtemps.

M. G.-F. Dollfus dit quelques mots sur l'historique des déplacements continentaux à la surface de la Terre ; on en trouvera une théorie, exposée par Lamarck, dans son *Hydrogéologie*, en 1802. Ce grand observateur avait été frappé d'une part par les grandes érosions continentales et les vastes apports de certaines régions maritimes. Il pense que ces actions ont toujours été progressives dans le même sens, il invoque le mouvement de rotation de la terre portant continuellement les eaux de l'Est à l'Ouest, l'influence de la lune, la migration du centre de gravité se déplaçant comme les modifications de la surface extérieure. Les îles des Antilles ne seraient-elles pas un exemple de l'érosion marine qui fait reculer la côte américaine ? L'étendue du sol émergé est en modification continue et le déplacement respectif des mers et des continents aurait déjà fait, d'après lui, une fois au moins le tour du globe ; les dépôts marins connus sur nos continents ont jalonné les étapes de cette progression, l'agitation marine continue a entretenu le déplacement progressif toujours à l'Ouest des fonds, l'action organique des corps vivants a beaucoup aidé l'action physique et s'est déplacée de même.

LE GISEMENT DE PLIOCÈNE MARIN DU LAC DE SCUTARI D'ALBANIE

PAR **Jacques Bourcart, E. Aubert de la Rüe**
ET **L. de Chételat**¹.

En 1882, Neumayr (1), puis Suess (2) en 1885, ont émis l'hypothèse de l'existence, à l'époque miocène et pliocène et jusqu'à des temps très récents, d'une terre ferme, qui aurait occupé la place de l'Adriatique centrale et septentrionale, à laquelle ils avaient donné le nom d'*Adria*. Leurs idées ont été reprises en Italie par Canavari (3) (1885). D'après ces auteurs le continent adriatique devait se prolonger au delà d'une ligne joignant le Monte Gargano à la presqu'île de Sabioncello en Dalmatie, en passant par les îles de Tremiti, Pianosa et Pelagosa.

En 1880, Tellini (4) découvrait, en plein dans l'isthme imaginaire qui aurait joint le Gargano à la presqu'île de Sabioncello, des dépôts marins plaisanciens et astiens. Ces dépôts pliocènes de Tremiti et de Pianosa se sont formés dans une mer d'une profondeur de 30 m. environ et sont à présent à une altitude de 60 m. Il y a donc eu en ce point une surrection de 90 m.

Ces faits, et la grande extension du Pliocène marin sur la côte italienne au Nord du Monte Gargano, constituaient, d'après Tellini, autant de raisons de n'admettre la théorie de Suess qu'après une étude stratigraphique détaillée de l'archipel dalmate.

L'Adriatique méridionale, en revanche, n'avait jamais été considérée comme de formation si récente ; ce n'est toutefois que très récemment que l'on est venu à l'idée qu'elle ne représente que le reste d'une mer dont l'extension aux époques miocène et pliocène aurait été beaucoup plus considérable qu'actuellement.

Les travaux de l'un d'entre nous (5) ont montré que l'Adriatique miocène s'est étendue jusqu'à la Haute Thessalie et s'est sans cesse rétrécie jusqu'à l'époque actuelle ; des gisements de Pliocène marin furent découverts par Coquand (6) à la source d'Anapis près de Valona, par Ami Boué (7) dans les environs de Tirana, mais surtout par Vetters (8) dans les collines de Durazzo. On pouvait donc présager que l'extension du Pliocène

1. Note présentée à la séance du 19 novembre 1923.

marin sur la rive balkanique de l'Adriatique méridionale, était plus considérable qu'on ne l'avait pensé autrefois.

En 1905 Vetters (9) découvrait au Sud de Kopliku, sur la rive Est du lac de Scutari, une formation marine fossilifère appartenant au Pliocène. De Stefani (10) émit alors l'idée que le Pliocène marin s'étendait largement à l'intérieur de l'Albanie occidentale.

Depuis cette découverte, les travaux de la mission italienne (1913) (11), ceux de l'un d'entre nous et surtout ceux de Nowack (12) ont montré que le Pliocène marin (Astien ou Plaisancien) était largement développé tout le long de la côte albanaise et que la mer pénétrait, à cette époque, dans l'intérieur par trois golfes ; celui de la Vjusa (Voioutsa), celui de la Mysakja qui se prolongeait presque jusqu'à Elbasan, et enfin au Nord celui de Tirana.

Il suffisait d'ailleurs de jeter un coup d'œil sur la carte de l'Albanie pour s'apercevoir que la côte de Valona à la Buna (Bojana), jusqu'au coude où Cvijić (13) avait décrit une déviation (Scharung) des plis des Dinarides, présentait tous les caractères morphologiques d'une côte en voie de surrection. Mais le gisement découvert par Vetters était situé assez loin à l'intérieur des terres, en un point où, par contre, la côte présente déjà le type dalmate.

Il nous a donc paru intéressant de vérifier la découverte de cet auteur, qui n'avait encore été revue par aucun autre observateur, et d'étudier les conditions stratigraphiques et l'extension possible de ce gisement.

A 10 km. environ de Scutari, sur la route de Potgorica quelques buttes témoins d'environ 20 m. de hauteur, s'adossent aux pentes calcaires du Maranaj (Alpes Albanaises). A quelques pas d'un han, appelé Hani Çezmës, se trouvent les deux principaux gisements fossilifères.

La succession des couches horizontales qui forment ces collines est la suivante :

Sol prélacustre (alluvions et cordons de galets).

h marnes gréseuses ocre à *Pholades*, 0 m. 60.

g sables glauconieux, 0 m. 60.

f grès à *Pecten* avec cailloux roulés, 1 m. 20 à 1 m. 50.

e sables gris-verts très fossilifères, 1 m.

d sables argileux peu fossilifères, 2 m.

c grès marneux fossilifères, 0 m. 50.

b banc à *Ostrea lamellosa*, 0 m. 50.

a sable argileux gris.

Nous devons à l'obligeance de M. G.-F. Dollfus la détermination des fossiles que nous avons pu recueillir et dont la liste est sensiblement différente de celle donnée par Vetters.

Dans l'horizon *b* : *Ostrea lamellosa* BR.*¹.

Dans l'horizon *c* : *Trochus strigosella* BR., *Cerithium dertonense* MAY. var. cf. *tauro rara* SACCO, *Cardium edule* E., *Solen marginatus* PEN.

Dans l'horizon *e* : *Natica helicina* BROU., *Neverita* (*Natica*) *josephina* RISSO*, *Turitella vermicularis* BROU., *Strombus coronatus* DEFR.*, *Aporrhais Pespelecani* BROU.*, *Murex trunculus* RISSO, *Pecten* (*Flecopecten*) *inaequicostatus* LK., *Pecten* (*Flabellipecten*) *bosniaki* STEF., *Lissochlamys excisa* PUSCH., *Anomia ephippium* L., *Ostrea edulis* L., *Tellina incarnata* L., *Psammobia* (*Solenotellina*) *Basteroti* BR., *Tellina* (*Veronaca*) *planata* L., *Solen marginatus* PEN., *Venus gallina* L., *Venus* (*Circumphallus*) *plicata* ? var. *pliocenica* STEF., *Callista pedemontana* LK. var. *gigantea* BR., *Gastrana fragilis* L., *Cardium edule* L.

Dans l'horizon *f* : *Pecten* (*Flabellipecten*) *bosniaki* STEF.

Dans l'horizon *g* : *Turitella vermicularis* BROU.

Dans l'horizon *h* : *Barnea* (*Pholas*) *candida* L., *Arca diluvii* L., *Pecten* et Gastéropodes indéterminables.

L'ensemble de cette faune et de celle décrite par Vetters nous permettent d'assigner comme âge aux formations *e* à *h* de Kopliku le Pliocène supérieur, l'horizon *c* représenterait d'après M. Dollfus le Tortonien. La présence dans ce gisement de Pholades, coquilles très fragiles, indique une mer très calme et des formations tout à fait littorales.

Celle de quelques formes saumâtres et de lits de cailloux roulés rend probable la proximité d'importantes rivières. Cependant la plupart des espèces sont franchement marines et ont été trouvées dans l'Albanie du Sud par Dal Piaz et De Toni, ou Nowack. On peut en déduire que les conditions de vie dans cette mer étaient analogues à celles existant actuellement dans les Bouches de Cattaro.

En effet la dépression du lac de Scutari est séparée de la mer par la chaîne monténégrine, qui se continue par le Mali Rencit et le Mali Karkariçit, à travers lesquels la Buna s'ouvre un étroit passage. Elle se prolonge, par contre, au SSE, comme l'avait décrit l'un d'entre nous (5) par la vallée de la Drinasa, la dépression de Kalmeti, et celle même du Mati où, du reste, s'étaient propagées, sur plus de cent kilomètres, les ondes du tremblement de terre de Scutari (1851). Cette dépression, d'ori-

1. Les espèces marquées d'une astérisque avaient été signalées par Vetters.

gine tectonique, a dû être remplie par la mer, au moins partiellement, jusqu'à la fin du Pliocène. Elle était comparable aux canaux qui séparent les îles dalmates ou aux Bouches de Cattaro.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 NEUMAYR. Zur Geschichte des östlichen Mittelmeerbecke. Berlin 1883.
- 2 SUSS (Ed.). Das Antlitz der Erde. T. II. Prague 1885 (Die Adriatische Senkung).
- 3 CANAVARI (M.). Osservazioni intorno all'esistenza di una terraferma nel attuale bacino adriatico. *Proc. Verb. Soc. Toscana di Sc. Nat.*, IV, 1^{er} février 1885, p. 141, Pise 1885.
- 4 TELLINI (A.). Osservazioni geologiche sulle Isole Tremiti e sull'Isola Pianosa nell' Adriatico. *Bol. del R. Comitato geol. d'Italia*, XXI, p. 1 à 12. 442 à 514 (pl. I, 1 carte).
- 5 BOURCART (Jacques). Les Confins Albanais administrés par la France : in-4°, Delagrave 1922, pp. 89-101 et 132-142.
- 6 COQUAND. Descriptions géologiques des gisements bitumifères de Selenitza dans l'Albanie et de Chieri dans l'île de Zante. *B.S.G.F.*, (2), XXV, pp. 71-74.
- 7 BOUÉ (Ami). Der albanesische Drin und die Geologie Albaniens..... *Sb. k. k. Ak. d. Wiss.*, XLIX, pp. 181-185, Vienne 1864.
- 8 VETTERS (H.). Beiträge zur geologischen Kenntniss der nördlichen Albanien. *Dk. d. k. k. Ak. d. Wiss.*, LXXX, pp. 202-248 (carte). Vienne 1907.
- 9 VETTERS (H.). Vorläufiges Bericht um die Untersuchung des im Sommer 1905 stattgefundenen Erdbebens von Skutari : *Akad. Anzeiger* n° 1. Vienne 1905.
- 10 DE STEFANI (Carlo). Géotectonique des deux versants de l'Adriatique *Ann. Soc. Géol. Belg.*, XXXIII, 1905-06, pp. 193-278 (carte). Bruxelles 1908.
- 11 DAL PIAZ (G.), DE TONI (A.), ALMAGIÀ (R.). Relazione della Commissione per lo studio de l'Albania. *Atti d. it. per il progresso delle Scienze*, 82 p. : Rome 1913.
- 12 NOWACK (Ernst). Beiträge zur Geologie von Albanien. Vol. I et III, in-8°, Stuttgart 1922-23.
- 13 CVIJIĆ. (Jovan). Die dinarische-albanesische Scharung. *Sb. d. k. k. Akad. d. Wiss.*, CX, 1, p. 31 *sqq.* : Vienne 1901.

Pour le surplus de la bibliographie voir 5.

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES CORALLINACÉES FOSSILES

VII. MÉLOBÉSIÉES MIOCÈNES

RECUEILLIES PAR M. BOURCART EN ALBANIE

PAR M^{me} Paul Lemoine¹.

M. Bourcart² a recueilli de superbes échantillons de Mélobésiées en Albanie où des calcaires à *Lithothamnium* très développés surmontent les marnes burdigaliennes, en différents points en particulier sur tout le rebord de la plaine de Korça (Koritza), à Hoshtica, Selce Siperme, dans la Mokra, dans les Malakastra Sud, à Tirana. Ces calcaires blancs, dont le développement est considérable puisqu'il atteint 20 m. à Mborja, 30 m. à Korça et 45 m. à Dishnica contiennent des Mélobésiées associées à des Clypéastres à Korça et à Mborja, et à des Clypéastres et des Pecten dans la région de Dishnica jusqu'au sommet de la Morova.

Ces calcaires passent latéralement à des grès encore très chargés de *Lithothamnium*.

Les échantillons dont M. Bourcart m'a confié l'étude ont été recueillis dans deux gisements : à Korça les calcaires à Mélobésiées, d'âge burdigalien, renferment six espèces, deux *Lithothamnium* : *L. corallinaeforme* n. sp., et *L. Bourcarti* n. sp. et quatre *Lithophyllum* : *L. prelichenoides*, *L. sphæroides* n. sp., *L. albanense* n. sp., *L. Koritzæ* n. sp. A Tirana, les couches helvétiques n'ont montré qu'une seule espèce : *Lithothamnium Bourcarti*, commune aux couches burdigaliennes.

La seule espèce signalée jusqu'ici en Albanie est le *Lithophyllum Martelli*³ SAMS.⁴, recueilli dans le Miocène moyen de Rakovica ; cette espèce qui forme, d'après l'auteur, des nodules de 4 à 6 cm. de diamètre avec des tubercules de 0 cm. 5 à 1 cm. 7 paraît rappeler par son aspect extérieur les espèces *Lithothamnium Bourcarti* et *Lithophyllum albanense* recueillies par M. Bourcart, mais comme l'auteur ne paraît pas vouloir communiquer

1. Note présentée à la séance du 25 juin 1923.

2. JACQUES BOURCART. Les confins albanais administrés par la France 1916-1920. Contributions à la géographie et à la géologie de l'Albanie moyenne. Paris, Delagrave, 1922, voir p. 77, 82, 95.

3. L'auteur désigne cette espèce sous le nom de *Goniolithon Martelli* SAMS.

4. SAMSONOFF-ARUFFO (CATERINA). Supra due alghe calcaree fossile della famiglia delle Corallinacee. *Rend. d. R. Accad. dei Lincei*, XXIII, ser. 5^a, 2^e sem., fasc. 6. Roma, 1914.

ses échantillons, ni ses plaques minces et que la description ne contient pas de renseignements sur la dimension des cellules, il m'est impossible de savoir si cette espèce est semblable ou non à celles que je décris dans cette note.

Il y aurait lieu de rechercher en Albanie des Mélobésiées dans les couches éocènes; M. Bourcart (p. 62) a signalé dans le Nummulitique de l'Ostrovica la présence de brèches à *Lithothamnium* contenant de nombreux fragments brisés de ces Algues, associées à des nummulites lutétiennes, sur une épaisseur de 150 m. D'autre part on en trouverait peut-être (Bourcart, p. 62) dans les calcaires à Nummulites et à Alvéolines qui, en Istrie, représentent sans doute le Lutétien et qui correspondraient aux calcaires du Vicentin dans lesquels Munier-Chalmas a trouvé le *Lithothamnium bolcense*.

1) *Lithothamnium corallinæforme* n. sp.

Je désigne sous ce nouveau nom un échantillon, recueilli dans



FIG. 1. — *Lithothamnium corallinæforme*
(gros: une fois et demie).

le Burdigalien de Korça, dans le but de rappeler sa ressemblance extérieure avec certaines Corallinées; l'Algue, formée d'une branche ramifiée, s'est fossilisée dans des conditions excellentes sans se briser, et on observe, dans un même plan une branche principale avec ses ramifications latérales; c'est le premier exemple d'une fossi-

lisation aussi parfaite d'une Algue calcaire avec ramifications. Généralement, par exemple dans le calcaire de la Leitha, les Algues ont été brisées en nombreux fragments dont la roche est littéralement pétrie.

La branche principale a au maximum 5 mm. de diamètre tandis que les branches latérales n'ont que 1 mm. 5 à 2 mm. Autour de ce bel échantillon sont d'autres branches qui ont dû faire partie du même massif, et qui en ont été séparées; ce sont

celles-là que j'ai étudiées pour ne pas abîmer un échantillon d'une conservation remarquable.

La structure est celle des *Lithothamnium* en branches ; la branche étudiée a 1 mm. 5 de diamètre ; elle est traversée par de très nombreuses lignes concentriques délimitant des zones d'accroissement ; les cellules ont une forme rectangulaire-arrondie, elles mesurent 5 à 10 μ principalement 5 à 8 μ de longueur et 5 à 10 μ de largeur ; elles sont donc de petite taille et leur largeur est souvent égale ou supérieure à leur longueur.

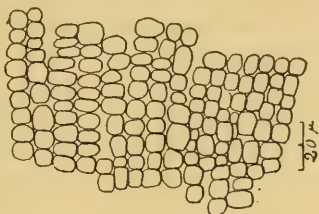


FIG. 2. — CELLULES DE *Lithothamnium corallinaeforme*.

Par son aspect extérieur aussi bien que par sa structure cette espèce ne rappelle aucune autre espèce fossile.

2) *Lithothamnium Bourcarti* n. sp.

Cette espèce, représentée par deux échantillons recueillis dans le Burdigalien de Korça, est une espèce formée de mamelons et de branches ; celles-ci ne paraissent pas ramifiées autant que j'ai pu en juger ; l'un des échantillons forme dans son ensemble un massif à peu près arrondi de 5 cm. $\times$ 3 cm. 1/2 et 2 cm. de hauteur ; vu de dessus on voit des mamelons ou jeunes branches de 2 à 7 mm. de diamètre souvent englobés dans la roche grise ; cet échantillon paraît entier et semble s'être fossilisé sur place ; une section sur l'un des côtés montre qu'en certains points les mamelons forment une masse coalescente, tandis qu'en d'autres ils sont séparés les uns des autres, leur diamètre est alors de 1 à 7 millimètres.

L'autre échantillon est une roche dans laquelle on observe des fragments de branches qui ont la même structure que les précédentes et qui ont dû être séparées de leur thalle primitif avant la fossilisation. Ces branches, englobées dans la roche, ne peuvent pas en être détachées ; il faut se contenter d'observer celles de la surface qui ont 6 à 9 mm. de longueur et 2 à 4 mm. de diamètre.

L'une d'elles, étudiée en section mince, est assez tortueuse, son diamètre varie de 3 mm. 1/2 à 5 mm. 1/2.

Des fragments de branches existent dans une roche de l'Helvétien de Tirana ; la plupart ont 2 à 4 mm. de diamètre ; mais l'une d'elles, de 1 cm. 1/2 de longueur, mesure 8 mm. à la base et 3 mm. au sommet et a plutôt l'apparence d'une sorte de petit mamelon.

Étant donnée l'apparence générale d'un massif de *L. Bourcarti* telle que je l'ai décrit plus haut, les sections minces peuvent montrer, soit la partie basilaire, crustacée, de laquelle prennent naissance les mamelons, soit la région dans laquelle les mamelons sont plus ou moins coalescents, soit enfin des mamelons ou des branches nettement différenciées et détachées du massif principal.

J'ai observé dans une section la croûte basilaire composée d'un hypothalle de 150 à 300 μ d'épaisseur et d'un périthalle de 300 μ environ; cette croûte se prolonge par d'autres épaisissements de structure assez confuse qui indiquent la constitution de mamelons.

Les sections de branches montrent la structure caractéristique

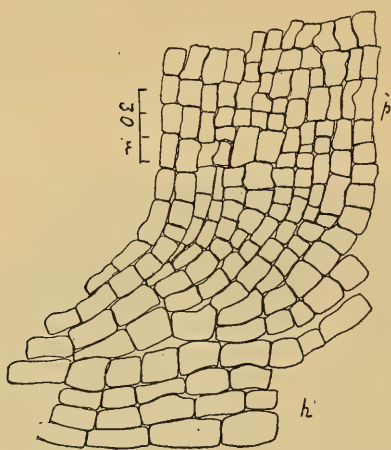


FIG. 3. — COUPE D'UNE BRANCHE DE *Lithothamnium Bourcarti*. h, hypothalle; p, périthalle.

des *Lithothamnium* avec la présence de nombreuses zones d'accroissement; ce tissu est formé par le périthalle, dont les cellules, peu régulières, mesurent 5 à 17 μ de longueur, principalement 7 à 15 μ , et 5 à 12 μ de largeur; mais on observe aussi dans certaines parties, très localisées il est vrai, des cellules de 18 à 22 μ et même 28 μ de longueur.

Une caractéristique intéressante de cette espèce est la réapparition fréquente de l'hypothalle au milieu du tissu périthallien; dans les fragments de branches étudiés j'ai

souvent observé la présence de deux hypothalles; leur épaisseur paraît diminuer en allant vers la partie supérieure des branches où ils ne mesurent que 25 à 40 μ ; les cellules subissent également une réduction importante: leur taille normale est de 25 à 30 μ , elle n'est plus alors que de 12 à 17 μ .

Dans les branches de Korça et dans l'une de celles de Tirana j'ai observé la section de conceptacles de 280 à 350 μ de diamètre; et dans une branche de Koritza des conceptacles de 700 à 1000 μ de diamètre; sans doute sont-ce là les deux sortes de conceptacles: à sporanges et à cystocarpes.

L. Bourcarti rappelle *L. undulatum* CAP. des couches d'Acqui (Burdigalien) en Italie, par la longueur des cellules de l'hypothalle et du périthalle et la présence des zones d'accroissement;

mais les cellules sont notablement plus étroites et le tissu a un aspect plus régulier dans *L. undulatum*, dans lequel je n'ai pas observé la présence d'hypothalles secondaires ; je ne connais d'ailleurs pas l'aspect extérieur de cette dernière espèce dont l'échantillon-type est un fragment de calcaire à *Lithothamnium*.

L'aspect extérieur de *L. Bourcarti* rappellerait celui de *L. glomeratum* CAP. de l'Helvétien de Turin, mais dans cette dernière espèce les cellules sont plus larges par rapport à la hauteur et le tissu est séparé en deux parties d'aspect différent.

3) *Lithophyllum Koritzæ* n. sp.

A la base d'un massif de *L. Bourcarti* on observe une espèce crustacée à laquelle je donne ce nom nouveau ; la section mince montre la présence de plusieurs thalles de cette espèce, tous peu épais, leur épaisseur ne dépasse pas 900 μ ; chacun d'eux est constitué par l'hypothalle et le périthalle formés tous deux de



FIG. 4. — SCHÉMA DU THALLE DE *Lithophyllum Koritzæ*.

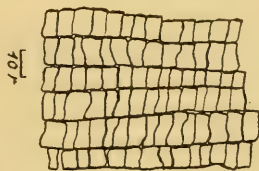


FIG. 5. — CELLULES DU PÉRITHALLE DE *Lithophyllum Koritzæ*.

rangées de cellules ; l'hypothalle a une épaisseur de 80 à 175 μ et est formé de rangées de cellules de 20 à 32 μ de longueur et paraissent même atteindre 40 μ et 8 à 12 μ de largeur ; les cellules sont souvent sectionnées obliquement de sorte que leur longueur maximum est un peu incertaine. Le périthalle montre des lignes concentriques délimitant des couches de tissu, caractères habituel des espèces du genre *Lithothamnium*.

Les cellules du périthalle disposées en rangées régulières mesurent 8 à 18 μ de long surtout 10 à 15 μ et 5 à 10 μ de large. Des conceptacles observés en coupe mesurent 300 à 350 μ de diamètre ; leur toit montre la présence de 4 et 5 canaux ; ce caractère, utilisé pour définir le genre *Lithothamnium*, se retrouve cependant dans quelques rares espèces de *Lithophyllum* actuelles du groupe de *L. lichenoides*.

L. Koritzæ ne se rapproche d'aucune des espèces décrites jusqu'ici ; mais deux sections minces du Burdigalien de France, faites dans des échantillons provenant l'un du Burdigalien des

environs de l'Étang de Berre (collection Collot), l'autre recueilli par M. Jodot dans le Burdigalien de Fos-sur-Mer, près le Port de Bouc (Bouches-du-Rhône) m'ont montré des thalles semblables à ceux qui viennent d'être décrits.

Lithophyllum prelichenoides LEM.

Deux fragments de roche du Burdigalien de Korça montrent de nombreux thalles excessivement minces, contournés, serrés et disposés en tous sens ; la région de la roche occupée par ces thalles est bien délimitée ; il semble qu'elle représente l'emplacement d'un petit massif de feuilles, de 2 cm. $1/2 \times 1$ cm. $1/2$ rappelant les échantillons actuels de *Lithophyllum lichenoides* qui se seraient fossilisés sur place. La roche sectionnée montre la section de ces thalles qui affectent des formes très irrégulières ; leur longueur atteint 2 cm., leur épaisseur très faible n'est souvent que de $1/2$ mm., souvent aussi elle est beaucoup plus faible encore (100 μ).

Les thalles de moins de 350 μ (100 à 300 μ) ne sont généralement formés que par l'hypothalle seul ; si le périthalle existe, il n'est représenté que par quelques cellules à la partie supérieure de l'hypothalle ; dans des exemplaires âgés, le périthalle est mieux développé, mais il ne paraît pas dépasser 100 μ d'épaisseur. L'hypothalle est formé de rangées de cellules disposées concentriquement ; les cellules mesurent 22 à 32 μ et atteignent quelquefois 40 μ ; leur largeur est de 10 à 17 et même de 20 μ . Les cellules du périthalle n'ont que 7 à 10 μ de longueur, plus rarement 15 μ , et 7 à 10 μ de largeur.

La structure de cette espèce rentre dans le type de structure de l'espèce actuelle *Lithophyllum lichenoides* PH. ; il se rapproche tout à fait de celle de l'espèce fossile *Lithophyllum prelichenoides* décrite en 1918 de l'Aquitaniien de la Martinique¹. Depuis j'ai observé cette espèce dans des roches du calcaire de la Leitha, dont M. Jodot m'a donné de beaux échantillons.

D'ailleurs je me rends compte qu'il est difficile d'affirmer que ces échantillons, de provenances diverses, font bien réellement partie d'une même espèce qui aurait vécu depuis l'Aquitaniien jusqu'au Tortonien. Aussi est-il probable qu'ils appartiennent plutôt au même groupe d'espèces ; mais d'autre part il m'est impossible de séparer par des noms différents des espèces dont les caractères anatomiques sont semblables.

1. LEMOINE (M^{me} PAUL). Contributions à l'étude des Corallinacées fossiles. III. Corallinacées fossiles de la Martinique. *B. S. G. Fr.*, (3), XVII, 1917, voir p. 262 à 264, fig. 8 et 9.

Lithophyllum sphæroides n. sp.

L'unique échantillon du Burdigalien de Koritza auquel je donne ce nom est un petit massif de *Lithophyllum* de 2 cm. $\times$ 1 cm. 7 qui s'est fossilisé sur place; il est formé d'un noyau central qui se différencie à la périphérie en un certain nombre de branches courtes de 4 à 6 mm. de longueur et 2 à 3 mm. de diamètre; l'une d'elles se ramifie en deux branches de 1 mm. de diamètre; d'après l'aspect il semble que l'échantillon vivant devait former une petite boule pourvue tout autour de petites branches divisées à leur partie supérieure.

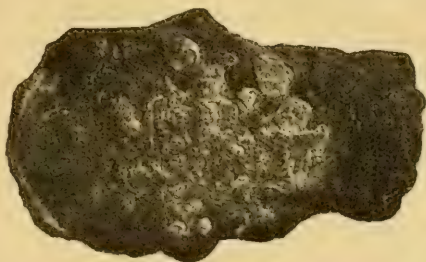
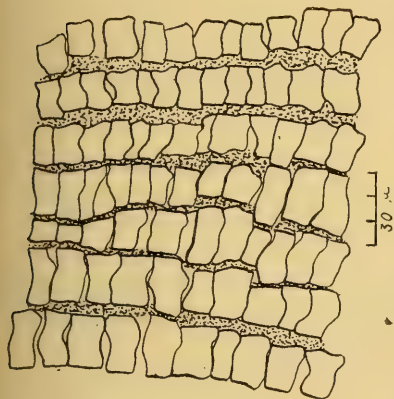


FIG. 6. — ASPECT DE *Lithophyllum sphæroides* (gros si une fois et demie).

La coupe a été faite dans une branche de 7 mm. de longueur et 2 mm. de diamètre, détachée du massif principal. Les branches sont formées par le périthalle dont les cellules disposées en rangées mesurent



15 à 28 μ . de longueur et 7 à 15 de largeur; les cloisons séparant les rangées de cellules sont très épaisses, caractère assez rare dans les espèces fossiles; le périthalle est traversé par des lignes concentriques qui coïncident avec certaines des cloisons qu'elles renforcent.

FIG. 7. — CELLULES DE *L. sphæroides*.

L'espèce est stérile. L'aspect extérieur et le tissu sont très caractéristiques de cette espèce qui ne paraît se rapprocher d'aucune autre espèce fossile.

Lithophyllum (?) *albanense* n. sp.

L'échantillon du Burdigalien de Koritza auquel je donne le nom de *L. albanense* a l'aspect grossier d'une concrétion de 6 cm. $\times$ 4 cm.; il devait former une masse mamelonnée dont les nombreux mamelons ont été rabotés par l'usure, et les interstices rem-

plis par les sédiments gréseux ; vus de la surface supérieure ces mamelons ont des formes très irrégulières, les uns arrondis, d'autres ovales. Une coupe faite à travers les mamelons montre une partie du tissu coupé transversalement, à cause de la forme irrégulière des mamelons ; le reste du tissu montre les cellules disposées en rangées, qui mesurent 7 à 20 $\mu \times$ 8 à 20 μ , elles atteignent, mais plus rarement, la longueur de 30 μ ; les cloisons minces, transversales, sont soudées seulement sur de faibles étendues, aussi la disposition en rangées n'est-elle pas aussi frappante que dans les espèces typiques de *Lithophyllum*. Ça et là au milieu du tissu on observe des hypothalles peu épais de 80 à 100 μ d'épaisseur seulement ; les cellules hypothalliennes mesurent 8 à

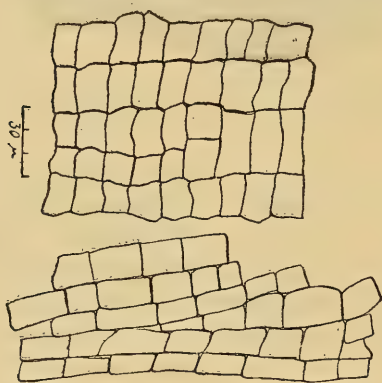


FIG. 8. — HYPOTHALLE ET PÉRITHALLE DE *L. albanense*.



FIG. 9. — CONCEPTACLES DE *L. albanense*.

30 $\mu \times$ 9 à 12 μ ; elles ne sont pas disposées en rangées ; pour cette raison *L. albanense* doit être placé parmi les *Lithophyllum* dans lesquels la structure n'est pas typique.

De nombreux conceptacles mesurent 350 à 500 μ de largeur et 100 à 150 μ de hauteur en coupe ; on remarque l'orifice unique de sortie des spores.

CONCLUSIONS.

Les récoltes de M. Bourcart apportent une contribution importante à nos connaissances sur la flore algologique du Miocène du bassin méditerranéen ; elles montrent qu'en Albanie de même qu'en Italie et en France, les gisements miocènes sont très riches. Malheureusement la comparaison entre les espèces d'Albanie et d'Italie offre beaucoup de difficultés ;

ainsi que je l'ai déjà dit à diverses reprises les descriptions des espèces de Mélobésiées ont été souvent trop succinctes, et dans la description de la plupart des espèces les caractères donnés par les auteurs ne sont pas ceux qui seraient les plus intéressants à connaître pour permettre de faire entrer ces espèces dans la classification actuelle. Aussi serait-il très important que ces espèces soient réétudiées à nouveau de manière à préciser leurs caractères et à éviter la création inutile d'espèces nouvelles. Aussi suis-je très reconnaissante à l'éminent paléontologiste, M. Parona, qui m'a si aimablement communiqué la collection de M. Capeder conservée dans le beau Musée géologique de Turin, collection qui contient en particulier des espèces burdigaliennes et helvétiques d'Italie ¹.

On comprend donc, d'après ce qui précède, que les comparaisons utiles n'ont pu être faites qu'avec les espèces de M. Capeder pour l'Italie et avec celles de ma collection pour le Miocène de France.

Il faut d'abord remarquer l'absence en Albanie du genre *Archæolithothamnium* et des divers genres de Corallinées : *Corallina*, *Amphiroa*, etc. Sur les six espèces découvertes dans le Burdigalien et l'Helvétien d'Albanie, il y en a une qui se retrouve en Autriche (*Lithophyllum prelichenoides*). De plus, deux autres espèces (*Lithothamnium Bourcarti* et *L. Koritzæ*) paraissent avoir des analogies avec des espèces italiennes et françaises du même âge.

Il semble par contre que ces espèces d'Albanie n'ont pas d'analogie avec les espèces du Miocène de Touraine (Faluns burdigaliens et helvétiques), il y aura lieu de préciser plus tard par l'étude de gisements intermédiaires si cette différence doit s'expliquer par des considérations de faciès, de province ou de température.

1. L'étude de cette intéressante collection fera l'objet d'une note ultérieure.

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES TERRAINS TERTIAIRES DE LA THESSALIE ET DE L'ÉPIRE

PAR **Marius Dalloni**¹.

Un voyage assez rapide en haute Thessalie, à travers la chaîne du Pinde et aux environs de Janina, en Épire, m'a permis de faire, en 1920, quelques observations géologiques; elles montrent toute l'importance qu'aurait une étude détaillée de ces contrées intéressantes.

Depuis les publications anciennes de Gorceix, c'est surtout à Philippson que l'on doit la plupart des renseignements connus sur le pays que j'ai parcouru; le savant géographe en a donné une description remarquable où la géologie tient une large place; il faut citer ensuite Hilber. Les fossiles recueillis par ces deux explorateurs ont été décrits par Oppenheim et Penecke. Pour ce qui concerne l'Épire, M. C. Nicolesco a publié récemment quelques indications sur le Nummulitique des environs de Janina.

ÉOCÈNE.

Il se trouve que les formations nummulitiques que j'ai étudiées représentent une série à peu près continue, dont les termes les plus anciens se rencontrent au cœur de la chaîne du Pinde et sur le versant épirote, les assises plus récentes étant bien caractérisées en Thessalie.

Suessonien. — On sait depuis longtemps que l'Éocène du Pinde et des régions voisines est difficile à séparer du Crétacé; c'est ce qui avait fait croire un moment que les calcaires à Rudistes y renferment des Nummulites. En réalité, la limite entre les deux terrains doit être cherchée au milieu d'une puissante succession de couches calcaires, qui englobe le Crétacé supérieur et l'Éocène, jusqu'au Lutétien inclusivement.

Dans la gorge profonde où coule l'Arachtos, au sud-est de Janina, on peut examiner aisément, en descendant le formidable escarpement qui surplombe la rivière, l'horizon, d'ailleurs très uniforme, qui supporte le calcaire à Nummulites de l'Éocène moyen. Ce sont encore des calcaires massifs, à grain fin, subli-

1. Note présentée à la séance du 25 juin 1923.

thographiques, susceptibles d'un beau poli ; ils sont pétris de foraminifères, de *Miliolidæ* notamment, avec plusieurs espèces d'*Orthophragmina*, mais je n'y ai pas vu de Nummulites.

Des calcaires en bancs minces, à gros rognons de silex et sans fossiles, succèdent aux précédents. M. Nicolesco pense qu'ils appartiennent toujours à l'Éocène inférieur ; je crois qu'il ne peut y avoir aucun doute à cet égard. Des calcaires à silex se rencontrent au même niveau dans le prolongement de la chaîne du Pinde en Albanie, en divers points de la région méditerranéenne et dans l'Afrique du Nord.

Lutétien. — Autour du lac de Janina, sur le bord des synclinaux, à l'intérieur de la chaîne du Pinde (près de Metsovo) et sur le versant thessalien, près de Kastanya (hauteurs d'Orea Rahi), affleurent, sous le Flysch, des calcaires blancs, crayeux, qui contiennent en très grande abondance des Nummulites caractéristiques de l'Éocène moyen.

L'une des espèces les plus communes est une grosse forme granuleuse, *Nummulites uroniensis* HEIM, mutation de *Nummulites aturicus* JOLY et LEYM ; c'est probablement celle que M. Nicolesco a déterminé comme *Nummulites perforatus* et qu'il cite en compagnie des *Nummulites complanatus* et *Lucasi*. Les Alvéolines sont également lutétiennes. J'ai reconnu en outre :

Orthophragmina Archiaci SCHLUMB. *O. (Asterodiscus) stella* GÜMB.

Ces calcaires sont généralement organogènes, riches en débris de petites coquilles, notamment de foraminifères à test très épais et en *Lithothamnium* ; souvent bréchiques, ils englobent de nombreux fragments de calcaires suessoniens. Ce faciès détritique si particulier est connu dans le Lutétien de l'Adriatique, des Alpes-Maritimes, de l'Algérie (chaîne littorale) ; il a rappelé également à M. Douvillé celui des calcaires d'Urcuit et de Saint-Barthélemy, dans l'Aquitaine.

Bartonien. — Les couches puissantes et d'aspect fort monotone du Flysch recouvrent partout les calcaires à Nummulites ; ce sont, le plus fréquemment, vers la base, des grès grossiers, durs, gris bleuâtre, micacés, piquetés de points verts, alternant avec des lits de marnes schistoïdes.

M. Nicolesco n'a eu que rarement l'occasion de remarquer dans le Flysch, quelques restes de Nummulites et d'*Orthophragmines*, avec spicules d'Echinides ; aussi est-il assez réservé sur l'âge de cette formation qui, pense-t-il, représente probablement l'Éocène supérieur ; je puis apporter quelques précisions à ce sujet.

Les foraminifères sont parfois abondants dans ces assises ; mais, dans les zones très disloquées de la chaîne, écrasés et peu déterminables ; cependant, divers gisements m'ont donné quelques formes mieux conservées. C'est ainsi que dans la haute vallée du Metzovitikos, on peut recueillir en assez grand nombre :

<i>Nummulites striatus</i> BRUG.	<i>Orthophragmina nummulitica</i>
<i>Orthophragmina Chudeaui</i>	GÜMB.
SCHLUMB.	<i>O. (Asterodiscus) stella</i> GÜMB.

La dernière espèce est très commune ; on observe en outre des Bryozoaires.

Dans le col qui sépare le Kastanyotikos du haut Salamvrias (rivière de Malakasi) entre Kiril Repe au Nord et Eomorf Rahi au Sud, les couches grumeleuses du Flysch, relevées à la verticale, contiennent la même faunule. Il s'agit là, vraisemblablement, du Bartonien et peut-être de l'Auversien.

Priabonien. — J'ai découvert dans le Flysch des environs de Janina un niveau très fossilifère dont la faune, extrêmement curieuse, paraît plus récente, bien qu'on y rencontre encore quelques formes archaïques.

Au Sud du lac, près du village de Frastana, des marnes grises, rognonneuses et des grès marneux à muscovite s'étendent en synclinal entre les calcaires à *Nummulites* de Kukuljos et ceux de la gorge d'Arta ; ce sont des couches assez tendres, ravinées, dans lesquelles un lit de quelques centimètres d'épaisseur m'a donné les espèces suivantes :

<i>Nummulites Fabianii</i> PREVER.	<i>Orthophragmina varians</i> KAUFFM.
<i>Nummulites Garnieri</i> , DE LA	<i>Orthophragmina aspera</i> GÜMB.
HARPE, formes A et B.	<i>Orthophragmina discus</i> RÜTIM.
<i>Assilina exponens</i> Sow.	<i>O. (Asterodiscus) stellata</i> D'ARCH.
<i>Heterostegina reticulata</i> RÜTIM.	<i>O. (Asterodiscus) furcata</i> RÜTIM.
<i>Pellatispira Madaraszi</i> DE HANTK.	

Ces fossiles, dont l'abondance est extraordinaire et l'état de conservation excellent, sont associés à d'autres Foraminifères, des polypiers, des articles d'Astérie, *Bourgueticrinus*, des fragments d'Echinides, des Brachiopodes (*Liothyryna*, *Cistella*), des Bryozoaires etc.

La plupart indiquent un horizon très élevé de l'Eocène. Les *Nummulites* sont celles du Priabonien du Vicentin, des Alpes, de l'Afrique du Nord, de l'Égypte ; *Heterostegina reticulata* RÜTIM. est partout dans le même étage. *Pellatispira Madaraszi* DE HANTK., caractérise les couches de Brendola, l'Éocène supé-

rieur de la Sicile, de l'Olténie et dans tous les gisements repa-
raissent les espèces d'Orthophragmines citées plus haut ; une
seule, cependant, *Orthophragmina discus* RÜRIM, est surtout
connue comme lutétienne et, ce qui surprend encore plus, c'est
la persistance d'une Assiline, *A. exponens* Sow., qui, bien
qu'elle soit la plus récente du groupe, n'a pas encore été signalée
ailleurs au-dessus de l'Auversien. Cependant, il ne peut y avoir
aucun mélange à Frastana ; tous les fossiles proviennent bien
de la même assise.

M. H. Douvillé, qui a bien voulu déterminer ces Foraminifères,
estime que cette faune rappelle tout à fait celle de la partie
inférieure des couches à *Clavulina Szabói* de la Hongrie ; elle
est également très voisine de celle citée par M. Bourcart aux
environs de Salonique. A ce propos, M. Douvillé, qui plaçait
cette dernière un peu plus bas, se demande aujourd'hui s'il
est vraiment possible de distinguer plusieurs faunes de for-
aminifères dans l'Éocène supérieur, les distinctions faites jusqu'à
présent ayant été surtout fondées sur des différences de faciès.

On a fait remarquer avec raison que la nature des dépôts
du Flysch corrobore le fait que des mouvements orogéniques
se produisaient à ce moment ; ils correspondent à une sédimen-
tation troublée, transgressive et accompagnée d'une érosion
intense des premiers ridements de la chaîne du Pinde. C'est un
faciès de mer très peu profonde ; les grès fossilifères offrent les
empreintes, ligniteuses, de fragments végétaux.

En résumé, on peut admettre qu'en Épire, au-dessus des
calcaires lutétiens à grandes Nummulites, le Flysch débute
avec l'Auversien et englobe tout l'Éocène supérieur ; des
recherches détaillées permettront, sans aucun doute, d'y déli-
miter à peu près partout et de caractériser paléontologiquement
les divers étages du Mésonummulitique.

On ne peut donc accepter l'affirmation récente de M. Bour-
cart, que « tout le Flysch du Pinde septentrional jusqu'au col
de Zygos appartient à l'Oligocène et se continue par les dépôts
analogues de l'Épire et de l'Albanie méridionale ». C'est vrai-
semblablement parce que le Flysch du versant épirote est, au
moins en majeure partie, plus ancien, d'âge éocène, qu'il est
beaucoup plus plissé et disloqué que l'Oligocène albanais ou
celui de Thessalie.

OLIGOCÈNE.

Des grès micacés en dalles et des marnes dures gréseuses à
hiéroglyphes où s'est creusée la vallée de l'Arachtos, entre

Janina et Metsovo, ont été attribués à l'Oligocène, mais sans aucune preuve; peut-être y découvrira-t-on la base de ce terrain. L'axe du synclinal de Dragopsa, à l'Ouest de Janina, montre une épaisseur assez faible de Flysch, probablement éocène et directement recouvert par le Miocène marin.

En revanche, dans le bassin thessalien, à l'Est du Pinde, tous les affleurements qui présentent plus ou moins le faciès du Flysch et où j'ai pu observer des fossiles, relèvent de la partie supérieure du Nummulitique.

Kalabaka. — Sur la rive gauche de la vallée du Pénéos, sous la masse puissante de conglomérats des Météores, qui s'étagent en bancs à peu près horizontaux, on voit apparaître dans quelques ravins, autour de Kalabaka, des marnes gris verdâtre, foncées, à délit conchoïde, alternant avec des grès sableux vers le haut; ces couches sont bourrées de mica détritique (muscovite).

Les marnes sont riches en fossiles, généralement de petite taille, à test blanc, très friable; aussi ne se présentent-ils souvent qu'à l'état de moules. La faune comprend surtout des Mollusques, avec de très nombreux Ostracodes et Foraminifères (*Miliolidæ*, Operculines, Globigérines), qui piquètent la roche de points blancs.

A la partie supérieure du premier ravin qu'on rencontre au Sud de Kalabaka, j'ai recueilli dans ces marnes :

Lepidocyclina dilatata MICH.

Cænocyathus taurinensis D'ACCHIARDI.

Terebratulina tenuistriata LYM. (variété = *T. caput serpentis* var. *eolata* SACCO).

Spondylus bifrons MUNST. in GOLDF.

Chama granulosa D'ARCH.

Pecten (*Æquipecten*) *deletus* MICH., avec plusieurs variétés.

Pecten (*Palliolum*) sp., de très petite taille.

Crassatella sp., *Lucina* sp.

Cyrena valdensis ? BOUSS.

Dentalium hœringense DREGER.

Vermetus inscriptus D'ARCH. sp.

Teredo Artiguei BENOIST in COSSM.

Turritella incisa BRONGN.

Cerithium sp.

Scalaria (*Turriscala*) cf. *crassitexta* SANDB.

Scalaria (*Turriscala*) *pusilla* PHILIPPI.

Mitra sp.

Cryptoconus sp., etc.

La signification de cette faune n'est pas douteuse. *Turritella*

incisa BRONGN. est une espèce oligocène du Vicentin ; *Vermetus inscriptus* D'ARCH., descend dans l'Auver sien, mais se retrouve dans le Priabonien et l'Oligocène ; *Spondylus bifrons* MUNST., n'est sous sa forme typique que dans l'Éocène supérieur et l'Oligocène, de même que *Chama granulosa* D'ARCH., dont le développement principal est dans le Priabonien ; *Dentalium hæringense* DREG. est oligocène dans les Basses-Alpes et le Tyrol et *Pecten deletus* MICHT. caractérise tous les gisements tongriens du Piémont, de la Vénétie, des Basses-Alpes, de l'Algérie, etc. Quant aux grandes Lépidocyclines du groupe de *dilatata* MICHT., considérées comme spécialement aquitaniennes (Vicentin, bassin de l'Aquitaine, etc.), elles débutent ailleurs dans le Stampien, notamment dans le bassin du Piémont et en Algérie. C'est la première fois qu'on signale l'existence, en Grèce, des Lépidocyclines, dont j'ai recueilli une autre espèce près de Trikkala.

Je reviendrai plus loin sur la question de l'âge des marnes de Kalabaka.

Morgani. — Les conglomérats qui surmontent ces assises se développent largement sur la rive gauche du Pénéos. A 8 kilomètres au nord de Kalabaka, on observe sous les poudingues quelques couches de grès grossier, à grains siliceux bien roulés, englobés dans un ciment calcaire ; la roche est micacée, marneuse par places, elle forme quelques petites collines escarpées dominant la rivière et traversées par la route en construction de Kalabaka à Janina.

Près de la vallée, au voisinage du confluent du ravin de Morgani, on voit s'intercaler dans ces grès quelques lits de lignite qui ont donné lieu, il y a quelques années, à des recherches aujourd'hui abandonnées. C'est à proximité des galeries de mine que j'ai pu recueillir de nombreux fossiles bien conservés :

Cerithium labyrinthum NYST., type et variété.

Cerithium moniliferum DESH.

Cerithium stampinense COSSM.

Melanopsis obesa n. sp.

D'après M. G. Dollfus, ce n'est pas du tout *M. impressa* KRAUSS, qui est une petite espèce à callosité peu développée, ni celle figurée sous ce nom par Hoernes, ni *M. callosa* BRAUN in SANDB. C'est peut-être la forme figurée par G. Stefanini (Oligocène du Frioul, p. 15, pl. v, fig. 15-20).

Natica crassatina LAMK.

Arca (Anadara) albanica OPPENH.

Cyrena strangulata ROVER.

Cyrena sirena BRONGN. in SACCO.

Cet horizon est certainement celui de Sinou Kerasia, où Philippson a signalé « au milieu d'une formation détritique transgressive dont font également partie les conglomérats des Météores », *Cerithium margaritaceum (labyrinthum)*, *Cerithium plicatum (moniliferum)*, *Congeria Basteroti*, *Cythera incrassata*.

Il est également bien connu en Albanie, où M. Bourcart en a récemment repris l'étude; ce sont les couches à lignites de la Morova, où cet auteur et M. Cossmann citent *Cerithium stam-pinense* COSSM., *Cerithium margaritaceum* BROU., *Megatylotus Bourcarti* COSSM. (*Natica crassatina* LAMK), *Cyrena strangulata* ROVER., *Arca albanica* OPPENH.

Partout le faciès est le même; il s'agit d'une formation marine très peu profonde, au voisinage d'un estuaire. Les poudingues qui la surmontent indiquent, d'ailleurs, le comblement définitif du bassin, ou du moins d'une notable partie de l'ancien bras de mer nummulitique.

Bassin de Trikkala. — En effet, plus au Sud, on ne retrouve pas entre l'Éocène et les terrains plus récents, la masse puissante de conglomérats des Météores; à une dizaine de kilomètres au nord-est de Trikkala, près du village d'Arzani, l'Éocène est recouvert par des bancs de grès durs, grisâtres, assez redressés, alternant avec des marnes schistoïdes par places. On peut recueillir dans les grès :

Ficula geometra BORS.

Pecten (Æquipecten) Northamptoni MICH.

Lepidocyclina cf. Tournoueri P. LEMOINE et R. DOUV.

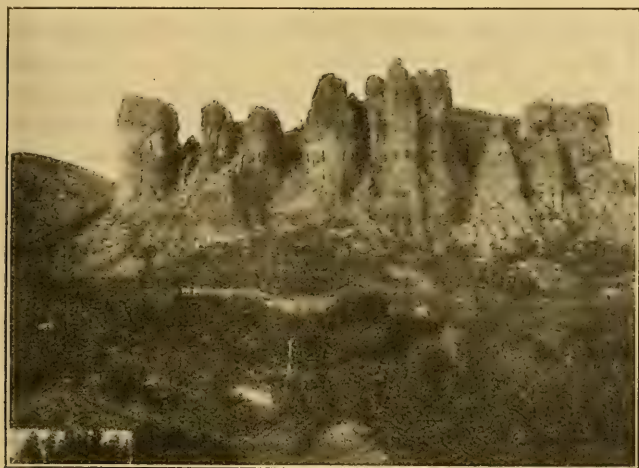
Les Peignes sont très abondants : on sait que *P. Northamptoni* MICH. débute dans l'Aquitanien et offre son principal développement dans les couches inférieures du Miocène; quant à la *Lépidocycline* de Trikkala, c'est une espèce de taille plus petite que celle des marnes de Kalabaka et elle indiquerait également, d'après M. H. Douvillé, l'Aquitanien ou tout à fait la base du Burdigalien. *Ficula geometra* BORS. est fréquemment citée dans les mêmes niveaux.

En somme, des assises que je viens de décrire sommairement, les plus anciennes sont certainement les marnes de Kalabaka, dont l'âge stampien ne peut faire de doute; elles paraissent correspondre exactement, comme faciès et comme faune, aux marnes à *Chama granulosa* D'ARCH., des confins albanais, où M. Bourcart a cru même pouvoir les vieillir un peu plus.

Les couches à lignite et les grès fossilifères de Morgani se

placeraient encore à la partie supérieure du même étage, comme ceux de Macédoine, d'Albanie, du Vicentin (Monte Viale), dont la faune est identique.

Le « Tongrien » de Gassin (Piémont) à *Nummulites intermedius* d'ARCH., comprend, d'après F. Sacco, des grès et conglomérats, parfois lignitifères, avec la faune de Morgani, alternant avec des marnes qui contiennent celle de Kalabaka ; ce sont bien là deux faciès du Stampien.



- Cliché Dalloni.

FIG. 1. — CONGLOMÉRATS DES MÉTÉORES A KALABAKA (THESSALIE).

Les conglomérats des Météores (fig. 1), qui recouvrent les marnes de Kalabaka et les couches de Morgani et qui se relient étroitement, par leur base, aux unes et aux autres, se placent bien dans l'Aquitanién, comme l'avait pensé Hilber, qui les assimilait avec raison aux poudingues reposant sur les couches à lignite de la Morova, en Albanie, elles-mêmes superposées à des marnes à *Chama granulosa* d'ARCH. La série est très analogue de part et d'autre.

La région située au nord de Kalabaka était donc émergée à l'époque aquitanienne et des masses énormes de matériaux, arrachés par l'érosion torrentielle aux montagnes voisines en voie de surrection, s'accumulaient sur le front de la chaîne du Pinde. La mer se retirait dans le bassin thessalien proprement dit et y déposait, dès l'Aquitanién, des sédiments côtiers et néritiques, auxquels succédaient d'autres formations marines franchement miocènes.

FAUNE LEVANTINE DE JANINA.

La cuvette lacustre de Janina, en Épire, est située dans une zone effondrée de calcaires éocènes ; on croyait jusqu'ici qu'elle ne présentait sur ses bords que des alluvions quaternaires, mais j'ai pu retrouver les premiers dépôts du lac, qui sont beaucoup plus anciens.

A une dizaine de kilomètres de Janina, près du village de Kacikat, on observe des mamelons qui dominent le lac de quelques mètres ; un sentier conduisant à la berge entame légèrement le sol, formé de sables argileux et qui se montre, sur quelques mètres de longueur, extrêmement riche en coquilles fossiles, d'une parfaite conservation. Au-dessus vient un banc de calcaire blanc, lacustre, couronnant le coteau que longe la route de Janina.

J'ai confié l'étude de cette faune intéressante à M. G. Dollfus, qui en a donné ici même une description paléontologique remarquable ; je rappelle qu'elle comprend les espèces suivantes :

Vivipara (Tylotoma) clathrata DESH., sp.

Vivipara Sadleri PARTSCH in NEUM.

Bithinia (Neumayria) Janinensis G. DOLLF.

Melania (Melanoides) Tournoueri FUCHS.

Melanopsis (Canthidomus) costatus OLIV., sp., var. *orientalis* BUK.

Pyrgula Brusinai TOURN.

Nerita (Neritodonta) micans GAUD. et FISH.

Planorbis sp.

Chara sp.

Dents de *Cyprinidæ*.

Toutes ces formes sont très communes dans le gisement et il est vraiment singulier que ce soit la première fois qu'on les signale, non seulement en Épire, mais dans les régions voisines ; il faut aller jusqu'à Mégare, sur le détroit de Corinthe, pour les retrouver et elles sont encore inconnues en Albanie.

En annonçant la découverte de cette faune, j'indiquais qu'elle me paraît se rapporter au Pontien supérieur ou à la base du Pliocène, c'est-à-dire qu'elle correspondrait au début du faciès levantin, que revêtent si souvent, dans la majeure partie de l'Europe orientale, les formations post-sarmatiques ; mais il faut reconnaître que la détermination de son âge est assez épineuse.

Les conditions stratigraphiques du gisement n'apprennent malheureusement que peu de choses ; les couches dont il s'agit reposent directement sur les calcaires à Nummulites et sont

isolées des autres affleurements néogènes de la région. Les dépôts marins miocènes les plus récents de cette région sont les marnes helvétiques de Dragopssa, qui forment l'axe d'un synclinal parallèle à celui de Janina. On peut admettre qu'après la période vindobonienne a commencé, pour cette contrée comme pour les pays voisins, une phase d'exhaussement qui, en raison même de son ampleur, a trouvé une contre-partie dans une série d'affaissements locaux, grâce auxquels la mer pliocène a pu pénétrer dans certaines fosses peu profondes et plus ou moins allongées, comme le bras de mer corinthien, dont M. Depéret a retracé l'histoire, ou les golfes du littoral adriatique. En général, cette invasion marine ne s'est pas avancée très loin et les effondrements qui se produisaient dans une zone particulièrement instable, à la bordure occidentale de la chaîne du Pinde, aboutirent à la formation des cuvettes lacustres du Nord de l'Épire et d'Albanie.

À la suite de ma communication, M. J. Bourcart a émis l'opinion que la faune de Janina est plus récente et appartient probablement au Pliocène supérieur; ce serait, en effet, l'âge des argiles bleues de l'Albanie moyenne et de la Kolonia, par où le système des lacs Dassarètes communiquait sans doute avec le bassin de Janina-Kalivaki. Mais ces argiles ne sont pas fossilifères, on ignore en réalité leur âge exact et rien ne prouve, d'ailleurs, qu'elles se placent au même niveau que les couches de Janina.

Par contre, les conclusions de M. G. Dollfus tendent à vieillir sensiblement l'âge de cette faune et, par suite, à reculer l'époque à laquelle s'est creusé le lac de Janina; d'ingénieuses considérations conduisent l'auteur à voir dans ces couches un équivalent du Méotique, c'est-à-dire de la base du Pontien de l'Europe orientale.

Il n'est pas douteux que la faune à Paludines a suivi de près la régression de la mer vindobonienne, puisque nous savons qu'au début du Pliocène elle vivait dans tous les lacs de l'Europe, depuis la Bresse jusqu'en Asie Mineure; il est vraisemblable qu'elle a commencé à s'installer un peu plus tôt ou plus tard, suivant les lieux et les circonstances. Il sera toujours difficile de préciser l'âge des dépôts où on la rencontre quand il s'agira de lambeaux isolés ou de séries discontinues; tout ce qu'on peut affirmer, c'est que le faciès levantin doit descendre, par places, dans le Miocène supérieur.

Du reste, A. Gaudry a longuement insisté sur le fait qu'à Pikermi les limons à ossements pontiens reposent en discordance sur les sédiments lacustres à *Melanopsis costatus* FÉR. et *Neritina micans* GAUD. et FISH.; à Mégare et aux environs de

Corinthe, c'est bien sur l'horizon du Plaisancien marin de Patras que se placent, d'après M. Depéret, les assises renfermant les mêmes fossiles et, en outre, *Melania Tournoueri* FUCHS et les Vivipares de Janina. Il est évident que c'est cette faune qui habitait les lacs de la région au moment où la mer est venue l'envahir, au début du Pliocène; les rapprochements sont plus malaisés avec Rhodes et Kos, où cette transgression ne s'est prononcée que vers la fin de la période.

On peut donc admettre que les couches à faciès levantin de Janina appartiennent vraisemblablement au Miocène supérieur, peut-être à la base du Pliocène, mais qu'elles ne sont certainement pas plus récentes.

Je ne veux pas terminer cette note sans adresser l'expression de ma gratitude à MM. H. Douvillé et G. Dollfus, qui ont bien voulu étudier les fossiles recueillis dans mon voyage.

BIBLIOGRAPHIE

1874. GORCEIX (H.). Note sur l'île de Cos et sur quelques bassins tertiaires de l'Eubée, de la Thessalie et de la Macédoine. *B.S.G.F.* (3) II, p. 398-403.
1894. PHILIPPSON (A.) et OPPENHEIM (P.). Tertiär in Nord Griechenland, sowie in Albanien und bei Patras im Peloponnes. *Zeitsch. d. deutsch. geol. Gesellschaft*, p. 800-822.
- 1895-1897. PHILIPPSON (A.). Kalambaka à Janina par Zygos (Epire). *Bull. Soc. Géogr. Berlin*, XXX-XXXII.
1894. HILBER (V.). Geologische Reise in Nord Griechenland und Makedonien *Anz. k. k. Akad. d. Wiss.*, XXV, Vienne.
1896. PENECKE (K. A.). Marine tertiärfossilien aus Nordgriechenland und dessen türkischen Grenzländer *Dk. math. naturw. Cl. d. k. Akad.*, LXIV, Vienne.
1913. DEPÉRET (C.). Observations sur l'histoire géologique, pliocène et quaternaire, du golfe et de l'isthme de Corinthe. *C.R. Ac. Sc.*, t. 156, p. 427, 659 et 1048.
1914. NICOLESCO (C.). Contribution à la géologie de l'Épire (environs de Janina). *Bull. sect. scient. Acad. Roum.*, 3^e ann., n° 1, p. 23. Bucarest. Je ne connais de ce travail que l'analyse qui en a été donnée par l'auteur dans la *Revue de géologie*, 1921, p. 548.
1921. BOURCART (J.) et GOSSMANN (M.). Les lignites oligocènes de la Morova (Albanie moyenne). *B.S.G.F.* (4), XXI, p. 159.
1921. DALLONI (M.). Sur les terrains tertiaires de la haute Thessalie et de l'Épire. Observations de M. Bourcart. *C.R. somm. S. G. F.*, p. 25.
1922. BOURCART (J.). Les confins albanais administrés par la France (1916-1920). Contribution à la géographie et à la géologie de l'Albanie moyenne (*Th. doct. sc.*, Paris).
1922. DOLLFUS (G.). Faune malacologique du Miocène supérieur de Janina (Epire). *B.S.G.F.* (4), XXII, p. 101.

COMPLÉMENTS A LA LITHOLOGIE DU SAHARA CENTRAL

PAR **M.-E. Denaeyer** ¹.

Les roches dont il est question ici ont été recueillies dans l'Ahnet, à In Zize, dans les Tassili du Sud et le Tanezrouft (région comprise entre Timissao et In Ouzel), dans l'Adrar des Iforass et enfin dans l'Ahaggar.

La lithologie de ces régions a donné lieu antérieurement à quelques travaux importants ² et l'on trouve des indications éparses dans les nombreuses études qui ont été publiées sur le Sahara central ³.

Dans son livre consacré au Sahara soudanais, R. Chudeau ⁴ a réservé un chapitre aux roches qu'il avait rapportées de sa mission de 1905-1906. C'est une brève revue de leurs caractères les plus essentiels, accompagnée de considérations d'ensemble sur les provinces pétrographiques alcalines.

Ce sont les matériaux de cet explorateur — déposés par lui au laboratoire de Minéralogie du Muséum — que M. le professeur A. Lacroix a eu l'extrême obligeance de mettre à ma disposition afin de les étudier de plus près. A cette collection était jointe celle que M. N. Villatte ⁵ a récoltée en 1904 pendant le raid qu'il accomplit en compagnie du général Laperrine, alors commandant supérieur des Oasis sahariennes.

Les itinéraires des deux explorations coïncident, ou sont paral-

1. Note présentée à la séance du 25 juin 1923.

2. L. GUILLO LOHAN. Un contre rezzou au Hoggar. *Publ. Com. Afr. fr., Rens. colon.*, n° 8, Paris, 1903, pp. 267 et 268 (Notice lithologique par G.-B.-M. FLAMAND). — L. GENTIL. Etude des roches recueillies par la Mission saharienne, in F. FOUREAU. Documents scientifiques de la Mission saharienne. Paris, 1905, pp. 697-749. — A. LACROIX. Résultats minéralogiques et géologiques des récentes explorations dans l'Afrique occidentale française et dans la région du Tchad. Conférence faite le 11 mars 1905 au Muséum d'Histoire naturelle. Paris, Challa-mel, 1905. — A. DE ROMEU. Sur les roches éruptives rapportées par le capitaine Théveniaut de l'Adrar. *B. Mus. Hist. Nat.*, XIII, n° 2, Paris, 1907, pp. 179-182. — E.-F. GAUTIER et R. CHUDEAU. Missions au Sahara, t. II, R. CHUDEAU. Sahara soudanais. Paris, A. Colin, 1909, pp. 256-270. — G.-B.-M. FLAMAND. Recherches géologiques et géographiques sur le Haut pays de l'Oranie et le Sahara (Thèse). Lyon, 1911, pp. 96-105 et 747-760.

3. Voir la revue bibliographique à la fin du présent article.

4. R. CHUDEAU, *loc. cit.*

5. N. VILLATTE. Du Tidikelt vers Tombouctou (Ahenet, Adrar, Hoggar et Tifedest). Mission de la Société de Géographie, du Ministère de l'Instruction publique et du Gouvernement général de l'Algérie. *La Géogr., Bull. Soc. Géogr.*, XII, 2, Paris, 1905, pp. 209-230, pl. 1.

lèles sur la grande étendue de leur parcours, depuis l'Ahnet jusqu'à Tit, dans l'Ahaggar ¹.

J'ai récemment publié les conclusions générales ² de l'examen de ces deux collections ³ en insistant sur les échantillons qui m'ont paru dignes d'intérêt. Les roches du type alcalin ont fait l'objet d'une étude séparée ⁴.

Que M. Lacroix, qui a bien voulu suivre mon travail avec sa bienveillance coutumière, me permette de lui exprimer ici mes biens vifs remerciements.

Les régions qui nous occupent comprennent des roches grenues, profondes ou intrusives, des formes filoniennes et des laves qui émergent d'une immense étendue de schistes cristallins : gneiss, micaschistes, amphibolites, épidotites, quartzites et cipolins.

Le socle des centres volcaniques, comme In Zize et l'Ahaggar sont des roches éruptives anciennes, grenues, ou des schistes cristallins ; les laves sont des rhyolites à In Zize, des basaltes à olivine, des trachytes et des trachytes phonolitiques dans l'Ahaggar. L'existence de volcans dans l'Ahaggar est connue depuis l'exploration de Duveyrier.

Les roches éruptives grenues de l'Ahnet, des Tassili du Sud et surtout de l'Adrar des Iforass montrent à côté de granites avec ou sans alcalins amphiboles sodiques une série continue de roches calco-alcalines passant à des types très riches de minéraux colorés, tels que les orthoamphibolites et les pyroxénolites. Ces roches ont subi pour la plupart des efforts orogéniques dont le maximum d'intensité a dû porter sur l'Adrar des Iforass et l'Ahaggar. Ce sont en effet des régions surélevées, faillées et où l'on a pu constater la présence manifeste de traces de charriage ⁵. Le quartz des granites de l'Ahnet présente des extinctions onduleuses. Dans les autres régions, les roches granitiques montrent des stades d'écrasement beaucoup plus avancés : quartz fissuré et froissé, structure en mortier avec noyaux de résistance

1. N. VILLATTE, *loc. cit.*, pl. I, R. CHUDEAU. D'In Zize à In Azaoua. *La Géogr., Bull. Soc. Géogr.*, XV, 1, Paris, 1907, pp. 401-420, pl. v.

2. M.-E. DENAEYER. Sur les roches recueillies par MM. Chudeau et Villatte dans le Sahara central. *CR. Ac. Sc.*, t. 176, 1923, pp. 1073-1075. — Les roches de l'Adrar des Iforass et de l'Ahaggar. *CR. Ac. Sc.*, t. 176, 1923, pp. 1161-1164.

3. Les échantillons provenant de la seconde partie de l'exploration de R. CHUDEAU (Aïr, Tchad, Gouré, Zinder, Niger) n'ont encore pas été examinées, ces régions étant déjà connues par les études de MM. HUBERT LACROIX, GENTIL, FREYDENBERT et GARDE.

4. M. E. DENAEYER. Les roches alcalines du Sahara central. *C. R. Congrès des Soc. sav.*, Paris, 1923.

5. R. CHUDEAU. *Sah. Soud.*, p. 6 et pl. II, ph. 4.

formés par les feldspaths, et enfin, dans certains cas, mylonitisation complète. Recristallisées, ces roches passent à des orthogneiss.

Dans le but de grouper les renseignements lithologiques sur des régions encore mal connues à ce point de vue, mais que les efforts de R. Chudeau et de N. Villatte nous permettent maintenant de préciser, j'ai pensé qu'il serait utile de dresser, pour chaque point visité par ces explorateurs, une liste des roches qu'ils y ont prélevées¹. A sa suite, on trouvera une revue des principaux travaux qui contiennent des données lithologiques — à l'exclusion de ceux déjà donnés comme références. Ils permettront ainsi de compléter, à certains égards, la liste ci-dessous.

RÉGION DE L'AHNET.

*Origine.**Echantillons.*

Pic de Foum Zeggag ² .	Granite alcalin*.
Entre Foum Zeggag et Aït el Kha.	Granite alcalin (V.).
Aït el Kha ³ .	Microgranite alcalin à micropegmatite et delessite* (V.).
Oued Taoudart ⁴ .	Granite écrasé et recristallisé, à amphibole (V.).
Adrar Ahnet.	Épidolite quartzreuse*.
Sud de l'Ahnet.	Gneiss à deux micas.
Sud de Tin Senasset.	Granites alcalins avec ou sans microcline*.
	Diorite à faciès lamprophyrique (Spessartite).
	Gabbro quartzifère à amphibole, structure ophitique*.
	Microgranites alcalins, à pâte micropegmatique ou microgrenue*.
	Rhyolite alcaline quartzifiée*.
	Andésite labradorique passant à la diabase.
	Andésite quartzifère, passant parfois à la microdiorite, à hornblende et biotite.
	Brèche volcanique.
	Micaschiste.

IN ZIZE.

Tihimati ⁵ .	Granite alcalin à biotite chloritisée.
-------------------------	--

1. Les échantillons de N. VILLATTE sont désignés par la lettre (V.) et ceux qui ont fait l'objet d'une mention spéciale dans l'une ou l'autre de mes notes antérieures sont marqués d'une astérisme.

2. Affleurements à l'entrée de la pénélaine archéenne.

3. Mamelons à l'est du campement (Pour le repérage des échantillons de M. N. Villatte, cf. N. VILLATTE, *loc. cit.*, pl. 1).

4. Affleurements orientés sensiblement NS à 600 m. à l'Est du campement au Sud d'Aït el Kha.

5. Extrémité de la chaîne orientale d'In Zize.

Alguelman d'In Zize.	Ortho-amphibolite à schistosité de cristallisation*. Microgranite alcalin à amphibole sodique (lanéite)*. Rhyolites alcalines, vertes ou rouges à quartz globulaire* (<i>Chudeau et V.</i>). Brèche volcanique de projection*.
Oued d'In Zize.	Diorite quartzique à hornblende et biotite. Rhyolites alcalines. Scorie volcanique.
In Zize ¹ .	Micaschiste. Minerai de chalcosine et d'érubescite*.

TASSILI DU SUD ET TANEZROUFT.
(*Entre Timissao et In Ouzel*).

Oued Tihek (Tassili tan Adrar).	Gabbro à augite et hornblende, structure ophitique. Concrétions d'oligiste dans le grès tassilien.
Seeb el Mohamed ² .	Amphibolite feldspathique.
Oued Iallaren ³ .	Diorite quartzique à pyroxène, leucocrate (<i>V.</i>). Rhyolite alcaline quartzifiée (<i>V.</i>). Roches à structure mylonitique (<i>V.</i>).
In Ameggui ⁴ .	Micaschiste noduleux* (<i>V.</i>).
Oued Ilok (Adrar El Tebel) ⁵ .	
Plateau de Tin Ghaor.	Grès rouge attribué au Dévonien (<i>V.</i>).
Entre Timissao et In Ouzel ⁶ .	Granite alcalin. Granite monzonitique écrasé. Diorite quartzique leucocrate. Diorites quartziques à biotite, amphibole et pyroxène; quelques-unes sont écrasées*. Gabbros quartzifères ou quartziques à amphibole et pyroxène; structure grenue*. Gabbro quartzifère à amphibole et pyroxène; structure ophitique. Pyroxénolite à phlogopite*. Pyroxénite. Épidotites quartzeuses*. Roche quartzifiée (granite?).

1. Sans localisation précise.

2. Affleurements orientés NS.

3. Affleurements presque verticaux, à proximité de l'Oued.

4. Affleurements orientés NS, en saillie verticale de 2 à 3 m. d'épaisseur, à 5 km. au nord du campement; même roche en affleurements verticaux orientés NNE-SSW, un peu à l'Est d'In Ameggui.

5. Affleurements orientés NNE-SSW.

6. Sans localisation précise.

ADRAR DES IFORASS.

- In Ouzel. Granite écrasé à biotite.
 Granite monzonitique à quartz froissé.
 Granite écrasé et altéré.
 Diorite quartzique écrasée, à biotite.
 Diorite à amphibole passant à l'ortho-amphibolite.
 Diorite à amphibole fibreuse*.
 Gabbro à amphibole, à faciès lamprophyrique (Spessartite).
 Pyroxénolite à pléonaste (Ariégite)*.
 Amphibolite feldspathique épidotifère, à schistosité de cristallisation.
 Cipolin à chondrodite (?)**¹.
- Adrar Oued Tessamak. Granite monzonitique à biotite et quartz froissé*.
- In Fénian². Rhyolite alcaline quartzifiée (V.).
- Adrar Igherran. Granites écrasés à microcline et biotite.
 Granites alcalins écrasés, à sphène, biotite, amphibole ou pyroxène (limite des granites calco-alcalins)*.
 Orthogneiss à microcline et biotite.
- Adrar Tidjem. Granodiorites porphyroïdes, quartzifères, à biotite, amphibole et pyroxène, passant à la diorite micacée ; quartz froissé*.
- Confluent des Oueds Igoudem et Tin Chakov. Rhyolite à quartz globulaire (V.).
- Timiaouin. Granite monzonitique à microcline et biotite*.
 Granodiorite quartzifère à pyroxène et biotite*.
 Granodiorite à grain fin, riche en pyroxène, à faciès de beerbachite (enclave dans la roche précédente)*.
 Labradorite pyroxénique.
- Oued Tougcemin (ou Goucem). Granite écrasé à amphibole (limite des granites calco-alcalins)*.
 Diorite oligoclasique quartzique à amphibole et biotite, à faciès de malchite (enclave dans le granite* (V.).
 Microgabbro augitique à olivine ; structure ophitique.
 Brèche éruptive rhyolithique à quartz globulaire (V.).

1. Lentille calcaire située un peu au nord d'In Ouzel.

2. Mamelons près du puits.

Bou Ghessa. (ou Bour-oussa).	Granite alcalin à amphibole sodique, <i>cf.</i> hudsonite, et biotite*. Granite à biotite avec enclave de granodiorite quartzique très micacée, à faciès dioritique*. Granite normal à quartz froissé. Granite monzonitique à amphibole*. Diorite à pyroxène, amphibole et biotite. Labradorite augitique.
Oued Tin Zaouaten ¹ .	Pegmatites de granite (V.). Gneiss à muscovite, à faciès de micaschiste (V.). Amphibolite feldspathique schisteuse (V.).
Oued Tin Laoua ² .	Granite alcalin, à amphibole sodique, <i>cf.</i> hudsonite, et biotite* (V.). Pegmatite (V.). Micaschiste (V.).
Oued Illoukam	Pegmatite (V.). Brèche volcanique rhyolitique quartzifiée, à quartz globulaire (V.).
Es Souk.	Microgranite alcalin ordinaire à micropegmatite et vermiculite, avec enclave homéogène d'andésite* (communiqué par M. E. F. Gautier).
Kidal ³ .	Granite écrasé épidotisé (communiqué par M. E. F. Gautier). Rhyolite alcaline à quartz globulaire* (communiqué par M. E. F. Gautier). Rhyolite alcaline à structure perlitique* (communiqué par M. E. F. Gautier).
Sud de l'Adrar des Iforass.	Granite écrasé, épidotisé (communiqué par M. Combemontel, membre de la Mission Théveniaut). Microgranite alcalin à pâte microcristalline (communiqué par M. Combemontel).

AHAGGAR.

Oued Amanat ⁴ près de Silet).	Granite à muscovite (V.)
Oued Silet (Silet).	Basalte labradorique à olivine ⁵ .*. Scorie basaltique.

1. Le gneiss et une des pegmatites proviennent des berges de l'Oued, et les autres échantillons, du plateau qui le domine.

2. Tous les échantillons, sauf le granite, ont été récoltés sur une colline à l'Ouest du campement.

3. Échantillons récoltés autour du massif d'Iledda.

4. 3 km. avant l'arrivée dans l'Oued.

5. Cette lave forme la coulée de l'Iriri.

	Hornblendite.
	Quartzite.
Abalessa ¹ .	Hornblendite pyroxénique à plagioclase (V.).
Tit (flancs du plateau situé au nord).	Granite à biotite.
Tit (sommet de ce plateau).	Labradorite ² .
	Basalte labradorique à olivine ^{3*} .
Tinisi (piton au Sud de Tit).	Granite écrasé avec ou sans biotite et allanite*.
Oued de Tit.	Ortho-amphibolite feldspathique.
Confluent des Oueds Outoul et Adjennar.	Granite écrasé (V.).
	Microgranite calco-alkalin à biotite ; pâte microgrenue passant à la structure crypto- cristalline*.
Tamanr, asset :	
a) Coulée de Tideri.	Granite écrasé et recristallisé à microcline e biotite, passage au gneiss ^{4*} .
	Trachyte potassique ^{5*} .
b) Coulée d'Hadrian	Trachyte vacuolaire à faciès domitique ⁶ .
	Trachyte phonolitique*.
	Basalte labradorique à olivine*.
c) Volcan Tin Hamor.	Ankaratrite limburgitique ^{7*} .
	Brèche volcanique ⁸ .
d) Tin Hamor, à l'est d'Hadrian.	Gabbro augitique à structure ophitique.
	Amphibolites feldspathiques.
	Microgranite à muscovite
e) Tata-n-Teg'it (au sud de Tamanrasset).	Diorite quartzique écrasée à biotite*.
f) dans l'Oued.	Arkose.
	Wehrlite*.
	Trachyte quartzifère à biotite*.
	Basalte labradorique à olivine*.
Adjellela.	Granite monzonitique, peu quartzique, à microcline et muscovite.
	Trachyte phonolitique à aegyrine (Sölvsgite)*.
Aouiker.	Aplite.
	Diorite quartzique à amphibole, faciès lam- prophyrique.
	Amphibolite feldspathique.

1. Affleurements orientés NS, d'environ 10 m. d'épaisseur, sur la rive droite de l'Oued.

2. Lambeau détaché.

3. Coulée large de 4 à 500 m. formant le couronnement du plateau à 30 m. au-dessus de la vallée.

4. Echantillon pris au pied de la coulée.

5. Echantillon recueilli sur le plateau.

6. Dans les éboulis, sous la brèche d'Elias (cf. R. CHUDEAU, Sahara Soudanais. Paris, 1909; p. 43, fig. 19).

7. Filons verticaux.

8. Soubassement du volcan.

NW del'Ahaggar :

- a) Tifedest ¹. Granite à microcline, biotite et muscovite* (V.).
- b) Oued Tamarnak Granite, comme le précédent, avec début d'écrasement* (V.).
- Ahaggar ². Microgranite.
Microdiorite quartzifère.

BIBLIOGRAPHIE

- BESSET (Lt.). D'In Salah à Amguid. Appendice géologique. *Bull. Com. Afr. fr., Rens. colon.*, n° 2, 1904, pp. 62-68.
- BESSET (Lt.). Esquisse géologique des régions de l'Ahnet, du Tanzerouft, de l'Adrar (Nord), du Tassili, du Ahaggar et du Tifedest. *Bull. Com. Afr. fr., Rens. colon.*, n° 3, 1905, pp. 123-134.
- BUTLER (H.). Contribution à la Géologie de l'Ahaggar (Sahara Central). *Congrès Géologique international*, XIII^e session, Belgique, 1922. *Résumé des communications*, sujet IV, p. 11.
- CHUDEAU (R.). Sur les roches alcalines de l'Afrique centrale, *C. R.*, t. 145, 1907, pp. 82-85.
- CHUDEAU (R.). Excursion géologique au Sahara et au Soudan (mars 1905, décembre 1906). *B.S.G.F.*, VII, (4), 1907, pp. 319-346.
- CHUDEAU (R.). La Géologie du Sahara central, *CR. Assoc. fr. avanc. Sc.*, XXXVI^e session, Reims, 1907. Paris, 1908, pp. 380-389.
- CHUDEAU (R.). Rectifications et compléments à la carte géologique du Sahara central. *S.G.F.*, XIII, (4), 1913, note infrapaginale. p. 182.
- CHUDEAU (R.). Excursion géologique au nord et à l'est de Tombouctou. *B.S.G.F.*, XV, (4), 1915, p. 190.
- DUVEYRIER (H.). Exploration au Sahara, t. I, Les Touaregs du Nord, Paris, 1864, pp. 17 et 84-89.
- FREYDENBERG. Le Tchad et le bassin du Chari (Thèse). Paris, 1908, pp. 172 et 173.
- GAUTIER (E. F.). Le Moudir Ahnet. Essai de géographie physique d'après les observations faites au cours du raid effectué par le commandant Laperrine. *La Géogr., Bull. Soc. Géogr.*, X, 2, Paris, 1904, pp. 97 et 98, pl. I.
- FLAMAND (G. B. M.). Note sur les observations géologiques de M. le Lt Besset, avec note additive sur la nature lithologique des échantillons recueillis par cet officier. *Bull. Com. Afr. fr., Rens. colon.*, n° 2, 1904, p. 70.
- FLAMAND (G. B. M.). Note sur les observations géologiques et morphologiques relevées par M. le capitaine Besset au cours de la tournée du commandant Laperrine au sud du Tidikelt. Appendice sommaire sur la nature lithologique des échantillons recueillis par cet officier. *Bull. Com. Afr. fr., Rens. col.*, n° 3, 1905, pp. 136-139.

1. Montagnes aux environs d'Adenak et d'Abezzou.

2. L'origine de ces échantillons n'est pas précisée. On les mentionne ici à titre d'indication.

- GAUTIER (E. F.). A travers le Sahara Français. *La Géogr., Bull. Soc. Géogr.*, XV, 1, Paris, 1907, pl. I.
- GAUTIER (E. F.) et CHUDEAU (R.). Esquisse géologique du Tidikelt et du Mouïdir Ahnet., *B.S.G.F.*, VII, (4), 1907, pp. 210-218, pl. I.
- GAUTIER (E. F.) et CHUDEAU (R.). Missions au Sahara, t. I, GAUTIER (E. F.), Sahara algérien. Paris, A. Colin, 1908, pp. 290-292 et 327, note infrapaginale (2).
- GENTIL (L.). Sur l'existence de roches alcalines dans le centre africain. *CR.*, t. 139, 1904, pp. 413-415 et 440.
- ROCHE (J.). Sur la géologie du Sahara septentrional. *CR.*, t. 91, 1880, pp. 890-893.
- ROCHE (J.). Études géologiques et hydrologiques, in Documents relatifs à la mission dirigée au sud de l'Algérie par M. le lieutenant-colonel Flatters. *Publication du Ministère des travaux publics*. Paris, 1884, pp. 213, 332, 341 et 342.
- MUSSEL (Lt.). Observations géologiques faites au cours de la tournée du lieutenant-colonel Laperrine du Touat à Taoudeni par Achourat. *Bull. Com. Afr. fr., Rens. colon.*, n° 6, juin 1907, pp. 148-149.
- ROLLAND (G.). Géologie du Sahara algérien et aperçu géologique sur le Sahara de l'Océan Atlantique à la mer rouge (*Extrait des documents relatifs à la mission dirigée au sud de l'Algérie par M. Choisy*). *Public. du Ministère des travaux publics*. Chemin de fer Transaharien (1^{er} vol.) : rapport géologique, 1890, pp. 355, 357-360 et 363. Imprimerie nationale, Paris, 1890.
- SCHIRMER (H.). Le dernier rapport d'un Européen sur Ghât et les Touaregs de l'Air (Journal de voyage d'Erwin de Bary, 1876-1877, traduit et annoté par H. Schirmer). Paris, 1898, pp. 94-110 et appendice I, p. 198.
- SCHIRMER (H.). Les résultats géographiques de la Mission saharienne (Mission Foureau-Lamy). *La Géogr., Bull. Soc. Géogr.*, XIII, Paris, 1906, pp. 30-39.
- VÉLAIN (Ch.). État actuel de nos connaissances sur la géologie et la géographie du Sahara. *Rev. de Géogr.* Paris, 1906-1907, t. I, pp. 447-517.
- VOINOT (Lt) et FLAMAND (G. B. M.). Notions géologiques sommaires sur les régions traversées par M. le lieutenant Voinot. *Bull. Com. Afr. fr., Rens. colon.*, n° 10, p. 217, oct. 1908.
-

SUR UN NOUVEAU GENRE DE GONIATITE : *LUSITANOCERAS*PAR F. L. Pereira de Sousa¹.

PLANCHE IX

Dans une note que j'ai publiée en 1920², j'ai indiqué comme fossile caractéristique de la couche supérieure du Viséen de Portugal, *Goniatites subcircularis* DE MILLER³. Ce Céphalopode avait été déjà rencontré dans l'étage de Saint-Louis (Viséen). La même assise m'a présenté des formes plus grandes que cette espèce américaine, formes dont j'ai pu par la suite étudier la ligne de suture. Ces Ammonites m'ont paru appartenir à un genre nouveau pour lequel je propose le nom de *Lusitanoceras*.

Description. — Coquille globuleuse à ombilic très petit et à tours très embrassants de section circulaire. Le moulage porte, comme dans *Goniatites subcircularis*, quatre étranglements faisant entre eux des angles de 90°. Ces constrictionnements moins sinueuses et plus profondes que dans l'espèce américaine, se prolongent sur la face ventrale. L'ornementation consiste en outre en côtes longitudinales (ou spirales) plus rapprochées les unes des autres que dans *Goniatites subcircularis*; parfois il existe aussi des côtes transversales qui donnent au test un aspect réticulé.

Il me semble que ce nouveau genre doit se placer dans le phylum des *Géphyrocératidés*. Son lobe externe très large est divisé par une selle médiane qui présente un petit lobe et une petite selle secondaire de chaque côté de la ligne siphonale; à celle-ci correspond un lobe aigu. La disposition des cloisons est la même que dans le genre *Beloceras*. Elle ressemble aussi à celle du genre *Timanites*; elle possède en effet: une selle externe ou première selle latérale (seconde dans la notation adoptée par M. Haug); une selle latérale; ensuite, une petite selle auxiliaire très peu développée; en outre deux lobes latéraux. La selle externe présente une terminaison acuminée, tandis que les lobes sont arrondis, le premier latéral étant très profond.

Gisement. — Le genre *Lusitanoceras* a été découvert dans le grand affleurement carbonifère du Sud du Portugal, affleurement considéré jusqu'à présent comme datant du Culm, mais qui doit être rapportée au Dinantien et au Moscovien.

EXPLICATION DE LA PLANCHE IX

Lusitanoceras algarviensis n. g., n. sp. — Grandeur naturelle.

FIG. 1, 3, 4, 5, provenant de l'Algarve orientale (Cachopo) et fig. 2, 6 de l'Algarve occidentale (Algezur). — Viséen.

1. Note présentée à la séance du 7 mai 1923.

2. CR. Ac. Sc., t. 170, 1920, p. 116.

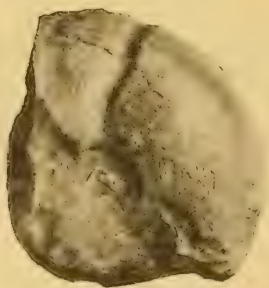
3. J. P. SMITH. The Carboniferous ammonoids of America, p. 81. *Monographs of the United States Geol. Survey.*



1



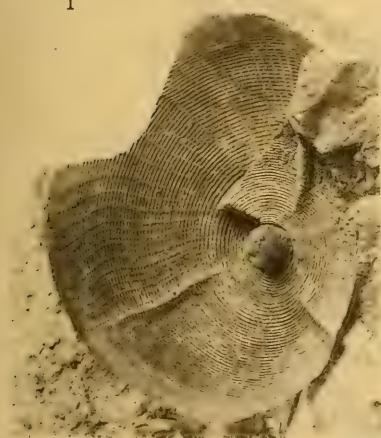
2



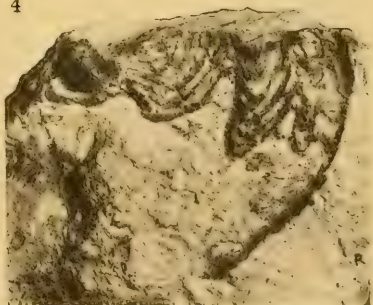
5



4



3



6

MÉMOIRES-PALÉONTOLOGIE

Liste des Mémoires qui se vendent isolément :

15. S. STEFANESCU. Etudes sur les terrains tertiaires de la Roumanie : Contribution à l'étude des faunes sarmatique, pontique et levantine. 41 pl., 152 p.	25 »
19. M. COSSMANN. Contribution à la Paléontologie française des terrains jurassiques (en cours) ; Gastropodes : Nérinées. 13 pl., 180 p.	45 »
20. V. POPOVICI-HATZEG. Contribution à l'étude de la faune du Crétacé supérieur de Roumanie ; Environs de Câmpulung et de Sinaia. 2 pl., 22 p.	12 »
21. R. ZEILLER. Etude sur la flore fossile du bassin houiller d'Héraclée (Asie-Mineure). 6 pl., 91 p.	50 »
22. P. PALLARY. Sur les Mollusques fossiles terrestres, fluviatiles et saumâtres de l'Algérie. 4 pl., 218 p.	15 »
23. G. SAYN. Les Ammonites pyriteuses des marnes valanginiennes du Sud-Est de la France (en cours). 6 pl., 69 p.	25 »
24. J. LAMBERT. Les Echinides fossiles de la province de Barcelone. 9 pl., 128 p.	25 »
25. H.-E. SAUVAGE. Recherches sur les Vertébrés du Kiméridgien supérieur de Fumel (Lot-et-Garonne). 5 pl., 36 p.	18 »
26. Ch. DEPÉRET et F. ROMAN. Monographie des Pectinidés néogènes de l'Europe et des régions voisines (1 ^{re} partie : genre <i>Pecten</i>) (en cours). 23 pl., 169 p.	130 »
27. G. DOLLFUS et Ph. DAUTZENBERG. Conchyliologie du Miocène moyen du Bassin de la Loire ; Description des gisements fossilifères ; Pélécytopodes. 51 pl., 500 p.	300 »
28. Marcellin BOULE. Le <i>Pachyæna</i> de Vaugirard. 2 pl., 16 p.	20 »
29. V. PAQUIER. Les Rudistes urgoniens. 13 pl., 102 p.	40 »
30. Ar. TOUCAS. Etudes sur la classification et l'évolution des Hippurites. 17 pl., 128 p.	45 »
31. Albert GAUDRY. Fossiles de Patagonie : Dentition de quelques Mammifères. 28 p., 42 fig. dans le texte.	15 »
32. Paul LEMOINE et Robert DOUVILLÉ. Sur le genre <i>Lepidocyclina</i> Gümbel. 3 pl., 42 p.	15 »
33. Ferdinand CANU. Les Bryozoaires du Patagonien. Echelle des Bryozoaires pour les Terrains tertiaires. 5 pl., 30 p.	15 »
34. Charles EASTMAN. Les types de Poissons fossiles du Monte-Bolca au Muséum d'Histoire naturelle de Paris. 5 pl., 32 p.	15 fr.
35. V. POPOVICI-HATZEG. Les Céphalopodes du jurassique moyen du Mont Strunga (massif de Bucegi, Roumanie). 6 pl., 28 p.	30 »
36. Ar. TOUCAS. Etudes sur la classification et l'évolution des Radiolitidés. 24 pl., 132 p.	60 »
37. Edm. PELLAT et M. COSSMANN. Barrémien supérieur à faciès urgonien de Brouzet-lez-Alais (Gard). 9 fig. texte, 6 pl., 42 p.	20 »
38. Charles JACOB. Etude sur quelques Ammonites du Crétacé moyen. 44 fig., 9 pl., 64 p.	20 »
39. A. PEZANT. Etude iconographique des Pleurotomes fossiles du Bassin de Paris. 5 pl., 30 p.	15 »
40. P.-H. FRITEL. Etudes sur les végétaux fossiles de l'étage Sparnacien du Bassin de Paris. 3 pl., 37 p.	10 »
41. Henri DOUVILLÉ. Etudes sur les Rudistes. Rudistes de Sicile, d'Algérie, d'Egypte, du Liban et de la Perse. 7 pl., 84 p.	20 »
42. LÉON PERVINQUIÈRE. Sur quelques Ammonites du Crétacé algérien. 7 pl., 86 p.	20 »
43. Robert DOUVILLÉ. Céphalopodes argentins. 3 pl., 24 p.	15 »
44. Gustave F. DOLLFUS. Les coquilles du Quaternaire marin du Sénégal. Introduction géologique par A. DEREIMS. 4 fig., 4 pl., 72 p.	16 »
45. Robert DOUVILLÉ. Etude sur les Cardiocératidés de Dives, Villers-sur-Mer et quelques autres gisements. 84 fig., 5 pl., 77 p.	25 »
46. Maurice COSSMANN. Contribution à la paléontologie française des terrains jurassiques (voir mém., n ^{os} 14, 19) ; <i>Cerithiacea</i> et <i>Loxonematacea</i> . 41 pl., 264 p.	150 »
47. Lucien MORELLET et Jean MORELLET. Les Dasycladacées du Tertiaire parisien. 24 fig., 3 pl., 43 p.	10 »
48. Robert DOUVILLÉ. Etudes sur les Oppellidés de Dives et Villers-sur-Mer. 31 fig., 2 pl., 26 p.	15 »

49-50. F. PRIEM. Sur des Poissons fossiles et en particulier des Siluridés du Tertiaire supérieur et des couches récentes d'Afrique (Egypte et région du Tchad). — Sur des Poissons fossiles des terrains tertiaires d'eau douce et d'eau saumâtre de France et de Suisse. 9 pl., 30 p.....	20	"
51. P. DE BRUN, C. CHATELET et M. COSSMANN. Le Barrémien supérieur à faciès urgonien de Brouzet-lez-Alais (Gard) (v. mém. n° 37). 4 fig., 5 pl., 56 p.....	15	"
52. Henri DOUVILLÉ. Le Barrémien supérieur de Brouzet. 20 p., 4 pl.....	15	"
53. J. REPELIN. Monographie du genre <i>Lychnus</i> . 23 p., 6 pl.....	15	"
54. J. MONESTIER. Ammonites rares ou peu connues et Ammonites nouvelles du Toarcien supérieur du sud-est de l'Aveyron. 44 p., 4 pl.....	15	"
55. Maurice COSSMANN. Synopsis illustré des Mollusques de l'Eocène et de l'Oligocène en Aquitaine. 220 p., 15 pl.....	70	"
56. J. LEWINSKI. Monographie géologique et paléontologique du Bononien de la Pologne. 110 p., 11 pl.....	50	"
57. F. ROMAN. Monographie de la faune des Mammifères de Mormoiron (Vaucluse), Ludien supérieur. 8 pl., 40 p.....	25	"
58. L. et J. MORELLET. Nouvelle contribution à l'étude des Dasycladacées tertiaires. 37 p., 2 pl.....	15	"
59. A. BORISSIAK. Sur un nouveau représentant des Rhinocéros gigantesques de l'Oligocène d'Asie, <i>Indricotherium asiaticum</i> n. g., n. sp., 16 p., 3 pl.....	5	"

TABLE DES MATIÈRES (TOME XXIII, FASCICULE 5-6)

	Pages
P. Lamare. — Sur quelques particularités de la structure du Pays Basque espagnol et sur le caractère tectonique de la région (1 carte).....	185
M^{lles} G. Weber et V. Malychef. — Sur la stratigraphie du Mésocrétacé et du Néocrétacé de la Crimée (Tableau).....	193
L. Joleaud. — Essai sur l'évolution des milieux géophysiques et biogéographiques (A propos de la théorie de Wegener sur l'origine des continents), (8 cartes et figures) [Observations de MM. Louis Germain, Louis Fage, G.-F. Dollfus, C^{el} Perrier, Ch. Maurain].....	205
Jacques Bourcart, E. Aubert de la Rüe et L. de Chételat. — Le gisement du Pliocène marin du lac de Scutari d'Albanie.....	271
M^{me} Paul Lemoine. — Contribution à l'étude des oscillations des Corallinacées fossiles. VII. Mélobésiées miocènes recueillies par M. Bourcart en Albanie (9 figures).....	275
Marius Dalloni. — Contribution à l'étude des Terrains tertiaires de la Thessalie et de l'Épire (1 figure).....	284
M.-E. Denaeyer. — Compléments à la lithologie du Sahara central.....	295
F.-L. Pereira de Sousa. — Sur un nouveau genre de Goniatite : <i>Lusitanoceras</i> (planche IX).....	304

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE
DE FRANCE

CETTE SOCIÉTÉ, FONDÉE LE 17 MARS 1830,
A ÉTÉ AUTORISÉE ET RECONNUE COMME ÉTABLISSEMENT D'UTILITÉ PUBLIQUE
PAR ORDONNANCE DU 3 AVRIL 1832.

QUATRIÈME SÉRIE

TOME VINGT-TROISIÈME

FASCICULE 7-8.

Feuilles 20*-29. — Planche X-XV.

37 figures dans le texte.

PARIS
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE
28, rue Serpente, VI

COMPTE DE CHÈQUES POSTAUX PARIS, N^o 173-72

1924

EXTRAITS DU RÈGLEMENT DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE

Cotisation : 50 fr. par an

Membres à vie : 1000 fr. — Membres perpétuels : 2000 fr.

ART. 2. — L'objet de la Société est de concourir à l'avancement de la Géologie en général et particulièrement de faire connaître le sol de la France, tant en lui-même que dans ses rapports avec les Arts industriels et l'Agriculture.

ART. 3. — Le nombre des membres de la Société est illimité. Les Français et les Étrangers peuvent également en faire partie. Il n'existe aucune distinction entre les membres.

ART. 4. — Pour faire partie de la Société, il faut s'être fait présenter dans une de ses séances par deux membres qui auront signé la présentation¹ et avoir été proclamé dans la séance suivante par le Président.

ART. 42. — Pour assister aux séances, les personnes étrangères à la Société doivent être présentées chaque fois par un de ses membres.

ART. 46. — Aucune communication ou discussion ne peut avoir lieu sur des objets étrangers à la Géologie ou aux sciences qui s'y rattachent.

ART. 48. — Chaque année, de juillet à novembre, la Société tiendra une ou plusieurs séances extraordinaires sur un point qui aura été préalablement déterminé.

ART. 53. — Un Bulletin périodique des travaux de la Société est délivré gratuitement à chaque membre.

ART. 54. — La Société publie en outre des *Mémoires*, qui ne sont pas distribués gratuitement aux membres.

ART. 55. — Tous les travaux destinés à l'impression doivent être inédits et avoir été présentés à une séance.

ART. 75. — Les auteurs peuvent faire à leurs frais, en passant par l'intermédiaire du Secrétariat, un tirage à part des communications insérées au Bulletin.

ART. 94. — Les ouvrages, conservés dans la Bibliothèque de la Société, peuvent être empruntés par les membres... (*Service des prêts*).

1. Les personnes désirant faire partie de la Société et ne connaissant aucun membre pour les présenter peuvent adresser une demande au Secrétariat, en exposant les titres qui justifient de leur admission.

MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

NOUVELLE SÉRIE

-
- | | |
|--|--------|
| 1. L. MORET. Contribution à l'étude des Spongiaires siliceux du Miocène de l'Algérie, 4 pl., 32 p..... | 20 fr. |
| 2. H. DOUVILLÉ. Revision des Lépidocyclines, 2 pl., 49 p..... | 20 » |

LES CAILLOUX SAHARIENS A VERMICULATIONS RADIÉES

PAR P. Russo¹.

Les vermiculations rayonnantes trouvées sur un très grand nombre de cailloux façonnés par usure éolienne dans le Sahara, ont été comparées par O. Abel à celles obtenues par un jet de vapeur très oblique sur des disques de colophane en rotation. Pour intéressant que soit ce résultat expérimental, il semble qu'une constatation de fait indépendante du laboratoire le soit davantage.

J'ai eu la bonne fortune de trouver au NE du Djebel Taghla (4. km. S de Figuig) trois cailloux façonnés offrant des vermiculations rayonnantes à partir d'un point central et disposés chacun suivant l'agencement ci-après.

Sur un banc de calcaire gris noirâtre bathonien, à grain très fin, reposent des blocs éboulés provenant de bancs sus-jacents de ce même calcaire. Les blocs sont placés de telle sorte que deux d'entre eux forment avec le banc sur lequel ils reposent un angle trièdre à faces irrégulières. Le sommet de cet angle est tronqué et remplacé par une ouverture très étroite (2 mm. de large sur 6 mm. de long) elliptique, à grand axe vertical. D'autre part des accumulations de sable s'élèvent sur les pentes de la montagne, soumise à un régime de vents souvent intenses (8 à 20 m.) qui, quelles que soient leurs directions, tourbillonnent violemment dans la partie de montagne que je considère. Enfin j'ai pu constater lors des vents tourbillonnants, *le passage de sable chassé avec force par le sommet tronqué du trièdre et projeté sur un caillou situé au contact et offrant les guillochages radiés.*

En *trois points* j'ai pu voir le même fait.

Comme toutes les fois que des blocs reposent les uns sur les autres ils forment des trièdres plus ou moins irréguliers à sommets tronqués, il peut suffire que ces trièdres soient tronqués de façon à ne laisser qu'une fine ouverture formant en quelque sorte tuyère pour que dans des conditions convenables de vent et de présence de sable, le guillochage radié se produise à des milliers d'exemplaires.

En tous cas, il semble bien que pour les trois cailloux observés, il y ait rapport de cause à effet entre le passage de sable par la tuyère et les vermiculations rayonnantes.

1. Note présentée à la séance du 19 novembre 1923.

31 mars 1924.

Bull. Soc. géol. Fr., (4), XXIII. — 20.*

OBSERVATION SOUS-MARINE AU LARGE DE VILLARICOS
(ESPAGNE)PAR **Gabriel Cornand**¹.

Au cours de travaux sous-marins exécutés sur la côte sud-est de l'Espagne au large de Villaricos pendant la guerre, il me fut donné d'observer un phénomène de sédimentation que je crois intéressant de signaler.

Je me trouvais, à 250 m. du rivage à une profondeur de 8 m. 50 sur une plage de sable fin micacé, au point 0 du profil ci-dessous (fig. 1). J'observai en ce point sur le sable une saillie allongée que je pris pour un bâtonnet de bois à demi enfoui.

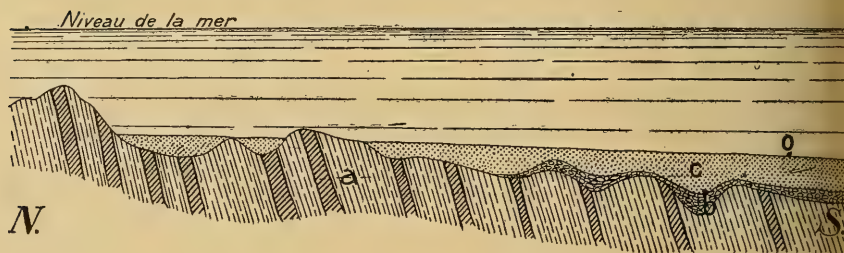


FIG. 1.

Ayant dégagé l'objet sur ses deux faces je vis qu'il s'agissait d'un mur minuscule légèrement incliné et formé d'une fine argile colloïdale ayant la consistance du beurre et traversant le sable à la manière d'un filon.

Je pus constater que les parois de ce filon se prolongeaient sur une soixantaine de centimètres en ligne droite et se perdaient plus loin sous le sable.

Or le substratum du sable (*c*), est constitué à 1 m. 80, en cet endroit par un conglomérat actuel (*b*), à ciment calcaire très dur couvrant en discordance une série de micaschistes et de quartzites antéprimaires (*a*).

Imaginons le dépôt actuel consolidé et émergé. Un sédiment de ce genre donnerait un grès psammitique traversé par un

1. Note présentée à la séance du 5 novembre 1923.

filonnet argilo-calcaire présentant toutes les apparences d'une cassure avec remplissage postérieur.

Cependant la formation de ce véritable petit dyke d'argile précédait en quelque sorte le dépôt des sables environnants. En effet je pus observer à ce moment un léger courant qui entraînait avec une grande régularité le dépôt trouble et floconneux, haut d'un centimètre à peine que forme généralement le contact de l'eau avec le fond. Ce dépôt donne l'impression d'un mucilage fortement dilué, riche en éléments planctoniques, et en particules argileuses et mica-cées.

L'explication rationnelle du phénomène est la suivante. Les particules argileuses colloïdales passant au dessus de la crête sont attirées et se collent sur le petit dyke (fig. 2) d'une manière continue, alors que les matériaux d'autre nature, plus denses, sont entraînés, fait qui, à première vue, semble paradoxal. L'inclinaison du filonnet par rapport au courant s'explique ainsi tout naturellement puisque les particules doivent occuper une position en rapport avec les forces agissant sur elles. La résultante de ses forces tendait au point observé à un accroissement vers la droite, en descendant le courant.

Il reste bien entendu à expliquer *l'amorce du phénomène* qui paraît inhérent au dépôt du sable et sans liaison avec une particularité quelconque du substratum que j'ai exploré très attentivement.

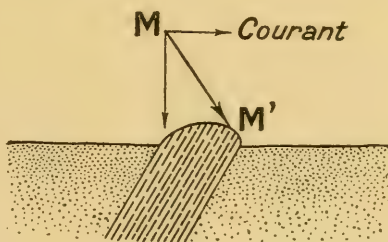


FIG. 2

NOUVELLES RECHERCHES SUR LES GRAINES DU PLIOCÈNE INFÉRIEUR DU PONT-DE-GAIL (CANTAL)

PAR M^{me} **Eleanor M. Reid.**

TRADUCTION DE **P. Marty**¹.

PLANCHES X ET XI.

Le présent mémoire est la suite de celui qui a paru ici en 1920 (10). Ses éléments ont été extraits de quelques kilogrammes d'argile ligniteuse que m'a envoyés, en 1920, M. P. Marty : ils proviennent de la fouille initiale. Depuis lors (1922), M. Marty a fait extraire du gisement deux tonnes de sédiment fossilifère. L'étude de ces volumineux matériaux reste à faire. On peut en attendre un accroissement considérable de nos connaissances relatives à la paléontologie du Pont-de-Gail.

C'est pourquoi il me paraît prudent de limiter la tâche d'aujourd'hui à enregistrer et à décrire les espèces du second envoi de M. Marty que je viens de déterminer. J'ajouterai quelques considérations à celles que renferme le premier mémoire ; mais je renverrai à plus tard la discussion générale de la flore fossile du Pont-de-Gail.

Il eût été préférable, m'objectera-t-on, d'ajourner cette publication au moment où les nouveaux matériaux auront été mis en œuvre. Je ne suis pas de cet avis. Les fossiles imprégnés de pyrite sont exposés à se désagréger et à se détruire lorsqu'ils ont été dégagés de leur gangue et desséchés, ainsi qu'on est obligé de le faire pour les étudier au microscope. J'ai donc dû les étudier dès leur extraction. Et, d'autre part, il me paraît conforme aux intérêts de la science de publier les matériaux au fur et à mesure de leur détermination.

Je l'ai dit : il n'entre pas dans mes intentions de discuter ici les problèmes d'ordre général que pose la flore fossile en question. Mais il est un point de méthode que je crois devoir, dès maintenant, aborder sommairement.

On m'a donné à entendre que les graines, ainsi que les feuilles, peuvent offrir une gamme étendue de variations morphologiques ; si bien que l'examen, comme termes de comparaison, de collections étendues de plantes vivantes, amènerait, du fait même de

1. Note présentée à la séance du 25 juin 1923.

cette prétendue variabilité, à réduire le nombre des espèces fossiles dont la spécification repose sur des graines.

Suggestion fallacieuse ! Les graines des plantes ne varient pas dans la même mesure que leurs feuilles. Peut s'en rendre compte quiconque consulte un grand herbier ou prend la peine de réunir et d'examiner au microscope une collection importante et judicieusement choisie de graines et de feuilles de végétaux actuels. Stabilité d'une part ; variabilité de l'autre. Pourquoi ? Je l'ignore. Mais ce que je n'ignore pas, c'est que la forme de la graine est en fonction stricte de celle de l'embryon. De même, la structure de l'endocarpe n'est pas seulement liée à celle du fruit ; elle l'est aussi à celle de la graine, et, par conséquent, à celle de l'embryon. Or, la structure de l'embryon se montre extraordinairement fixe.

Loin de moi la pensée qu'il n'existe aucune variation dans la morphologie des graines. Ces variations y existent. Néanmoins, comparées à celles des feuilles, elles sont minimes. Leur amplitude diffère d'un genre à l'autre. Mais, quand il s'agit, dans un même groupe naturel, d'espèces étroitement affines, ces variations se réduisent à peu de choses. Tel est, en dernière analyse, ce que je conclus des observations que j'ai faites. Rarement ces variations excèdent quelques légères différences dans la dimension moyenne ou dans le rapport de la longueur à la largeur des graines, dans leur distorsion, due à des compressions réciproques, dans la glyptique de leur surface, dans leur coloration — ce dernier caractère échappant d'ailleurs à toute appréciation lorsqu'il s'agit de graines fossiles. Mais ces variations n'en restent pas moins confinées dans d'étroites limites ; et l'on trouve presque toujours, à côté d'elles, comme contre-partie, un nombre de caractères fixes suffisant pour permettre à un spécialiste de reconnaître une espèce vivante à l'examen de sa seule graine, pourvu, bien entendu, qu'il dispose, comme termes de comparaison, d'une collection judicieusement faite, et abondante, de graines de la même espèce.

Dans le présent travail, dans nos mémoires antérieurs, j'entends spécialement ceux qui ont paru depuis que notre collection de graines s'est grandement accrue, je crois pouvoir affirmer que nous n'avons jamais fractionné en espèces un groupe fossile sans avoir basé, pour le moins, chaque disjonction sur deux caractères distinctifs, choisis parmi ceux qui, dans les espèces vivantes, se sont montrés comme ayant une valeur spécifique, et non individuelle seulement ; ou sans nous être assurés que nous nous trouvions en présence d'une gamme de variations irréductible à

celle que nous avons observée dans les séries d'espèces étroitement alliées à l'espèce critique.

Certes, toute appréciation personnelle est sujette à erreur. Mais ce qui vient d'être exposé représente le produit des constatations sur lesquelles nous avons basé nos déterminations et les principes qui nous ont servi de fil directeur. Il n'y a pas lieu de formuler ici, d'une façon générale, les caractères de la spécificité. Dans chaque cas particulier, les motifs pour lesquels nous avons réuni un groupe de formes en une seule espèce — vivante ou fossile — ou pour lesquels nous l'avons scindé en plusieurs espèces, sont exposés, au fur et à mesure des besoins, et tels qu'ils se sont présentés à nos investigations.

Dans les lignes qui précèdent, j'ai simplement tenté d'esquisser les règles fondamentales qui dirigent la spécification des graines fossiles et profité de l'occasion qui s'offrait à moi pour indiquer aux botanistes, non spécialisés dans l'étude des graines, la très grande valeur spécifique de ces organes. C'est précisément la fixité de leurs caractères qui confère, lorsqu'il s'agit de paléontologie végétale, tant de certitude aux déterminations basées sur eux.

Les déterminations préliminaires des graines fossiles du Pont-de-Gail ont été faites à l'aide de ma collection personnelle. Je me permettrai de noter incidemment que, seule, la disponibilité d'une très importante collection de termes de comparaison tirés de la flore vivante, constamment étudiée au microscope, permet d'aborder l'étude des formes fossiles. Aujourd'hui, comme dans le passé, nous nous sommes imposé la règle absolue de ne jamais proposer une spécification de fossile sans avoir procédé à une comparaison étendue avec nos termes de comparaison actuels, et cela en suivant la méthode ci-dessus énoncée.

Toutefois, et si importante soit-elle, ma collection ne permet pas de faire une étude suffisamment poussée des genres. C'est pourquoi, après avoir procédé dans mon laboratoire aux déterminations préliminaires, j'ai fait à Kew les déterminations définitives.

Je tiens à remercier ici le Directeur et les Assistants du jardin et de l'herbier de cet établissement scientifique pour l'obligeance avec laquelle ils ont facilité ma tâche.

La détermination de la variété de *Najas marina* étudiée plus loin est due au Dr A. B. Rendle, qui a mis sans cesse à la disposition de mes recherches paléontologiques sa connaissance approfondie du genre *Najas*.

Enfin, les dessins, si beaux et si exacts, qui illustrent ce

mémoire, sont dus à ma préparatrice, miss M. E. J. Chandler, dont j'ai pu m'assurer l'assistance grâce à une subvention de l'Institut des Recherches industrielles et scientifiques.

LISTE DES ESPÈCES

Celles qui ont été publiées en 1920 sont marquées d'un astérisque*.

- | | |
|---|---|
| * 1. <i>Sparganium ovale</i> E. M. REID. | *27. <i>Menispermum cantalense</i> E. M. REID. |
| * 2. <i>Potamogeton</i> sp. 1. | 28. <i>Magnolia</i> sp. 1 (cf. <i>M. salicifolia</i> MAXIM.). |
| * 3. — sp. 2. | 29. — sp. 2. |
| * 4. — sp. 3. | 30. — sp. 3. |
| * 5. — sp. 4. | 31. <i>Cleomella</i> sp. (cf. <i>C. longipes</i> TORR.). |
| 6. — sp. 5. | *32. <i>Polanisia rugosa</i> E. M. REID. |
| 7. <i>Najas marina</i> , var. <i>intermedia</i> A. BR. | 33. <i>Cratægus gailensis</i> n. sp. |
| 8. <i>Alisma gailensis</i> sp. | 34. — <i>parvicarpa</i> n. sp. |
| * 9. <i>Stratiotes tuberculatus</i> E. M. REID. | 35. — <i>angusticarpa</i> n. sp. |
| 10. <i>Gramineæ</i> (<i>Paniceæ</i> ?) | 36. — sp. 4. |
| *11. <i>Cyperus</i> sp. (= <i>Carex</i> , sp. 4, 1920). | 37. <i>Sorbus expansa</i> KOEHNE ? |
| *12. <i>Carex</i> sp. 1. | 38. <i>Rubus</i> sp. (cf. <i>R. villosus</i> AIT.). |
| *13. — sp. 2. | 39. — <i>occidentalis</i> LINN. |
| *14. — sp. 3. | 40. <i>Prunus venosa</i> KOEHNE. |
| — sp.. | *41. <i>Martynia naviculæformis</i> gen. nov., n. sp. |
| *15. <i>Epipremnum crassum</i> REID, | 42. <i>Phellodendron ornatum</i> n. sp. |
| *16. <i>Carpinus</i> sp. | 43. <i>Buchanania</i> sp., n. sp. ? |
| 17. <i>Betula humilis</i> SCHRANK. | 44. — sp. 2 ? |
| 18. — sp. (cf. <i>luminifera</i> H. WINKL.). | 45. <i>Ilex cantalensis</i> n. sp. |
| 19. <i>Alnus</i> sp. (cf. <i>A. cordifolia</i> TEN.). | 46. <i>Meliosma europæa</i> REID. |
| 20. <i>Pilea pumila</i> A. GR., var. <i>cantalensis</i> var. nov. | *47. <i>Vitis lanata</i> ROXB. |
| 21. <i>Rumex</i> sp. 1. | 48. — <i>Thunbergii</i> SIEB. e ZUCC. |
| 22. — sp. 2 (ou <i>Polygonum</i> ?) | 49. — <i>nodulosa</i> n. sp. |
| *23. <i>Polygonum Convolvulus</i> LINN. | 50. <i>Actinidia faveolata</i> REID. |
| *24. <i>Fagopyrum pliogenicum</i> E. M. REID. | 51. <i>Hypericum cantalense</i> sp. n. |
| *25. <i>Ranunculus gailensis</i> E. M. REID. | 52. <i>Calothamnus</i> sp. ? |
| *26. — sp. (non <i>Ranunculus</i>). | *53. <i>Myriophyllum cylindricum</i> E. M. REID. |
| | 54. <i>Acanthopanax Rehderianus</i> HARMS. |
| | 55. <i>Aralia Thomsonii</i> SEEM. |
| | *56. <i>Oenanthe</i> sp. |

- | | |
|---|---|
| 57. <i>Umbelliferæ</i> , genus? | *69. <i>Lithospermum</i> sp. |
| 58. <i>Cornus</i> sp. | 70. <i>Amethystea cœrulea</i> LINN. |
| 59. <i>Primula</i> sp. (cf. <i>P. veris</i> LINN.). | *71. <i>Lycopus antiquus</i> E. M. REID. |
| *60. <i>Primulaceæ</i> , genus? sp. 1. | 72. <i>Galeopsis</i> sp.? |
| *61. — — sp. 2. | *73. <i>Labiatae</i> (<i>Stachioideæ</i>), genus? |
| *62. <i>Symplocos jugata</i> E. M. REID. | *74. <i>Solanum Dulcamara</i> LINN. (var.?). |
| *63. — <i>urceolata</i> E. M. REID. | 75. <i>Hyoscyamus niger</i> LINN. |
| *64. — <i>microcarpa</i> E. M. REID. | *76. <i>Veronica</i> sp.? |
| 65. — sp., n. sp. | *77. <i>Sambucus pulchella</i> REID. |
| 66. <i>Ehretia europæa</i> (<i>acaminata</i> R. BR.). | *78. <i>Trichosanthes fragilis</i> E. M. REID. |
| 67. — <i>cantalensis</i> n. sp. | *79. <i>Diclidocarya gibbosa</i> E. M. REID. |
| 68. <i>Clerodendron</i> sp. (<i>C. serratum</i> SPRENG?) | 80. — <i>globosa</i> n. sp. |

SPARGANIACÉES : SPARGANIUM OVALE E. M. REID

Il a été trouvé vingt nouveaux spécimens de cette espèce. Les endocarpes biloculaires sont fréquents.

POTAMOGETONACÉES : POTAMOGETON sp. 1.

Un fragment de cette espèce, plus grand que le spécimen type décrit en 1920 (10) montre une graine obovée. Longueur : 1,5 mm. Une seconde graine, parfaitement intacte, mais distordue et indiquant un organe plus petit que ceux qui ont fourni les deux fragments, montre, vis-à-vis d'eux, des caractères concordants. Sa cloison est très mince. La carène, qui fait défaut dans les deux spécimens brisés, va du style à la base, est assez large, s'élargit vers la base et présente une légère crête le long de la ligne médiane. Elle fait saillie aux deux extrémités et forme une protubérance sur chacune des deux faces latérales de la graine.

POTAMOGETON sp. 5, n. sp.

PL. X, FIG. 1.

Graines plates (peut-être par compression), arrondies, dentées le long de la marge ventrale près de la base, à cloison mince; dépressions latérales peu profondes, à contours mal définis; style ventral, très court (brisé?); carène s'étendant de la base au sommet, occupant plus de la moitié de la circonférence de l'organe, mais n'atteignant pas le style, formant une légère crête; surface terne, avec de vagues dépressions allongées nor-

malement à la courbe de l'organe. — Longueur : 1,1 mm. ; largeur : 1 mm.

Cette espèce présente une certaine ressemblance avec notre *sp.* 4 de 1920, mais en diffère par sa graine à cloison plus mince, avec style ventral et carène plus courte, n'atteignant pas le style.

Les petites graines arrondies, à cloisons minces de *Potamogeton* du Pont-de-Gail (10, *sp.* 1, 2, 4 et 5) sont du même ordre de grandeur que celles de *P. tenuicarpus* de l'Oligocène de Bovey Tracey (Devonshire) (8) et d'une petite espèce récemment découverte par miss M. E. J. Chandler dans l'Éocène de Hordle (Hampshire) et offrent des caractères similaires. Il est probable qu'elles représentent un groupe archaïque du genre, aujourd'hui à peu près éteint. Le *P. cristatus* REGEL et МААСК, du Japon et de la Chine, est la seule espèce vivante dans laquelle nous avons pu trouver la même dimension et les mêmes caractères.

NAJADACÉES : *NAJAS MARINA*, var. *INTERMEDIA* A. BR.

PL. X, FIG. 2.

On trouve au Pont-de-Gail de nombreux fruits de *Najas marina*, dont voici les mensurations :

Longueur : 3,5 mm.	Largeur : 1,2 mm.
— 3,2 »	— 1,1 »
— 2,8 »	— 1,3 »
— 2,5 »	— 1,1 »

Le Dr A. B. Rendle, F. R. S., qui a examiné mes échantillons, m'a écrit : « Ils rappellent une forme plutôt petite de la variété *intermedia*, une de celles du *N. marina* qui sont les plus communes et dont l'aire de dispersion est des plus étendues, »

Les fruits en question concordent avec la forme la plus répandue dans le Reuvérien (9), à cela près que quelques spécimens de Reuver montrent un tégument dur et ligneux, fréquent parmi les graines actuelles, mais qui n'a pas encore été constaté dans les fossiles du Pont-de-Gail.

ALISMACÉES : *ALISMA GAILENSIS* n. sp.

PL. X, FIG. 3.

Carpellum ovale, in sectione anguste cuneatum, dorso sulcatum ; stylus apicalis, conspicuus, reflexus.

Longueur : 1,5 mm. ; largeur : 0,5 mm. — Carpelle étroitement ovale, étroitement cunéiforme en coupe, sillonné au dos ; style apical, bien visible, réfléchi ; cellules de la surface plutôt grandes, carrées ou polygonales, disposées en files longitudi-

nales, produisant une striation longitudinale, surtout à la base.

Je n'ai pu identifier ce carpelle avec aucune espèce vivante. *A. tenellum* MART., de l'Amérique du Sud présente les mêmes dimensions, mais, en outre, trois collines dorsales, aiguës. *A. reniforme* DON (Europe, Indes, Afrique tropicale, Australie), offre le même style recourbé, mais diffère quant au reste. *A. ranunculoides* LINN. (Europe et Asie septentrionale) montre parfois un style légèrement réfléchi.

Nous avons trouvé dans le lot du Pont-de-Gail, mais malheureusement perdu ensuite, deux graines d'*Alisma* en forme d'U. Leur dimension concordait avec celles du carpelle et elles appartenaient probablement à la même espèce que lui. La striation du *testa* était plus grossière que dans l'organe correspondant d'*A. Plantago*.

HYDROCHARITACÉES : STRATIOTES TUBERCULATUS E. M. REID

Nous avons trouvé de nombreuses graines de cette espèce :

GRAMINÉES : PANICÉES (?)

Grande graine ovale, convexe sur ses faces dorsale et ventrale, légèrement aplatie au sommet ; hile arrondi ; testa rude, finement strié. Appartient à une graminée et, peut-être, à la section des Panicées. — Longueur : 3,4 mm. ; largeur : 2,3 mm.

CYPERACÉES sp. (= *CAREX* sp. 4, de 1920).

Trois graines en parfait état et un fragment. Mensurations des deux graines les plus grandes :

Longueur (style inclus), 2,6 mm. ; largeur, augmentée par compression, 0,9 millimètres.

Longueur (style inclus), 2,6 mm. ; largeur, augmentée par compression, 0,75 millimètres.

Ces graines sont légèrement plus grandes que celles qui ont été décrites en 1920 (10), mais, pour le reste, concordent.

Des graines de *Cyperus natalensis* et de *C. reflexus*, reçues des jardins de la Mortola après la publication de mon mémoire de 1920 montrent une si frappante ressemblance avec celles du Pont-de-Gail qu'il me paraît nécessaire de séparer celles-ci du genre *Carex* pour les rattacher au genre *Cyperus*.

Les graines de ces espèces ont, en moyenne, une longueur de 2,75 mm., style compris, et 0,8 mm. de large. Mais, comparative-ment à la dimension du corps de la graine, le style y est plus court que dans la forme fossile. Leurs cellules présentent la

même structure hexagonale, leur cuticule le même mamelonnement, formé de petits dômes percés à leur centre d'une ouverture minuscule correspondant aux pores du fossile. De même encore, la cuticule se détache et forme alors une pellicule blanche et mamelonnée, telle qu'elle a été précédemment décrite (10).

Pendant mon séjour à Kew, j'ai tenté de pousser plus loin la détermination. J'y ai trouvé beaucoup de graines ayant une forme allongée, similaire à celle du fossile. Mais peu d'entre elles étaient mûres. Aussi ne m'est-il pas possible de dire quelles sont les espèces vivantes qui se rapprochent le plus de celui-ci, ni si le fossile peut être rattaché à une espèce actuelle.

CAREX sp.

Quatre mauvaises graines, dont l'une encore adhérente à son utricule, paraissent appartenir à trois espèces du genre non encore signalées, mais sont trop mal conservées pour prêter à aucune description ni identification.

CYPERACEÆ : GENUS ?

Longueur : 1,2 mm. ; largeur 0,83 millimètres.

Deux graines, qui paraissent avoir été primitivement ovoïdes. Elles montrent les restes de trois téguments superposés, un externe, brun clair, chiffonné, probablement l'utricule ; un médian, finement mamelonné, peut-être la cuticule de la graine ; un interne, enfin, grossièrement ponctué. Rien n'indique que les graines étaient anguleuses ni à symétrie bi ou trilatérale. Je ne puis rien proposer au sujet de leur place systématique.

ARACÉES : *EPIPHEMNUM GRASSUM* REID, var. ?

Quatre nouveaux spécimens de cette espèce ont été trouvés, dont un parfait et deux grands fragments, complètement développés, ainsi qu'un petit échantillon, en excellent état, mais représentant une graine avortée.

Les trois graines mûres montrent des dépressions ou fossettes disposées d'une façon irrégulièrement concentrique, ainsi qu'on l'observe nettement dans la graine de l'actuel *E. pinnatum*. Dans les spécimens décrits d'abord, elles étaient à peine visibles et furent interprétées alors comme causées par la décomposition (10). Parmi les échantillons du Reuvérien, très nombreux, 6 ou 7 seulement montrent ces fossettes, où elles sont difficilement observables. Ce caractère dénote-t-il une variété ? Je l'ignore, car j'ai vu peu de spécimens vivants, et, parmi ces fossiles, le Pont-

de-Gail n'en a livré que huit. Somme toute, et autant qu'on puisse en juger, les graines du Pont-de-Gail, paraissent avoir moins complètement mûri et durci que celles de Reuver.

BÉTULACÉES : BETULA HUMILIS SCHRANK

PL. X, FIG. 4.

Samare dépourvue de son aile, subobovée, largement tronquée-cunéiforme à la base; plus grande largeur au-dessus du milieu de l'organe; 2 styles, parallèles entre eux et faisant saillie à leur base; surface grossièrement striée, les stries s'infléchissant vers le haut des marges, d'où elles s'engageaient dans les ailes. De celles-ci il ne subsiste que leur base, déchiquetée.

Longueur : 1,8 ; largeur (aile non comprise) : 1,25 mm.

Par ses caractères généraux, cette samare se place dans le genre *Betula*. Sa dimension, sa forme obovée, celle de son style, les caractères de la structure de sa surface concordent avec ce qu'on observe dans l'espèce actuelle, *B. humilis*, qui habite l'Europe centrale et boréale, la Sibérie, le centre et l'Est de l'Asie et le Nord-Ouest de l'Amérique. N'en trouvant pas d'autre qui concorde, j'ai rattaché le fossile du Pont-de-Gail à cette espèce vivante.

Un second spécimen, plus petit (longueur : 1,3 mm. ; largeur : 0,8 mm.) ressemble au premier de tous points, sauf pour la taille. Il appartient probablement à la même espèce.

BETULA sp. (cf. *B. LUMINIFERA* H. WINKL.)

Samare subovale, élancée, tronquée à la base ; 2 styles à base proéminente, graduellement immergée dans la nucule ; surface plus finement striée que dans l'espèce précédente, la striation s'infléchissant au contact des marges supérieures ; ailes arrachées, laissant des bords déchiquetés. — Longueur : 1,6 mm. ; largeur : 0,8 mm.

B. luminifera, l'espèce la plus rapprochée du fossile que j'aie pu trouver, n'en diffère que pour avoir la majorité de ses graines de forme obovale, bien que quelques-unes aient un contour ovale et que j'en aie vu un ou deux, déformées par pression mutuelle, dont le contour était à peine incurvé. Cette différence de forme ne me permet pas d'inscrire définitivement le fossile sous le même nom que l'espèce vivante.

On signale, du Miocène de la France centrale, plusieurs espèces de *Betula* déterminées d'après leurs feuilles. On les a rap-

prochées soit de *B. alba*, soit de *B. cylindricostachya*, soit de *B. Bhojpaltra*.

ALNUS CORDIFOLIA TEN.?

Base d'une écaille de strobile, décomposée par la pourriture et dilacérée, à la marge supérieure, en larges bandes plates de fibres, ainsi qu'il en advient souvent des écailles d'aulne fossilisées. C'est une large écaille, et il est facile de se rendre compte que, dans son intégrité, elle était de grande taille, pouvant atteindre la dimension de celles d'*A. cordifolia*. Elle est trop large pour avoir appartenu à un Bouleau.

J'ai noté avec intérêt, après avoir écrit ces lignes, que M. P. Marty signale *A. cordifolia* (5) dans le gisement de Joursac, à peine plus ancien que celui du Pont-de-Gail.

URTICACÉES : *PILEA PUMILA* A. GRAY, var. *CANTALENSIS*, var. nov.

PL. X, FIG. 6.

Endocarpia illis P. pumilæ similia, sed non substipitata, arctus maculosa, maculis interdum confluentibus distinguitur.

Carpelles de petite taille, ovales-cunéiformes, plats, non substipités; style apical; surface finement et régulièrement ponctuée, recouverte de très nombreuses verrues, proéminentes, sombres, souvent confluentes.

Trois spécimens donnant les mensurations suivantes :

Longueur : 1,3 mm.; largeur : 0,8 mm.

— 1,2 mm.; — 0,7 mm.

— 1 mm.; — 0,7 mm.

Ces graines sont si voisines de celles du *P. pumila* actuel qu'on peut hésiter à les en séparer comme simple variété. Toutefois, elles concordent entre elles par deux caractères qui paraissent les distinguer de la forme vivante. Elles ne sont pas substipitées et les verrues qui les recouvrent sont beaucoup plus denses. Certains spécimens de la Louisiane s'en rapprochent, mais sans que le dernier caractère énoncé y soit aussi accentué.

P. pumila existe dans le Pliocène supérieur de Tegelen-sur-Meuse et dans le Pliocène moyen Castle-Eden (Durham).

POLYGONACÉES : *RUMEX* sp. 1.

Un petit fruit, mal conservé, paraissant avoir porté un périanthe étroitement adhérent, similaire à celui de *R. acetosella*, mais plus court et plus élané que dans la graine de cette espèce.

Longueur : 1,3 mm.; largeur-visible : 0,8 mm, l'organe étant brisé.

RUMEX sp. 2.

Un second fruit, dépouillé de son périanthe, convexement triangulaire, recouvert d'un enduit gris, sous lequel on distingue des stries moniliformes. Appartient soit au genre *Rumex*, soit au genre *Polygonum*.

Longueur : 2 mm. ; largeur : 1,1 mm.

POLYGONUM CONVULVULUS LINN.

Depuis la découverte, en 1920, de *P. convolvulus* au Pont-de-Gail, j'ai trouvé la mention, par Conwentz, d'une espèce fossile, *P. convolvuloides* CONW. dans les couches à ambre de la Baltique (2).

Il est très intéressant de constater l'existence d'une forme étroitement alliée à celle en question sur un horizon aussi reculé que celui de l'Oligocène inférieur.

FAGOPYRUM PLIOCENICUM E. M. REID

Fruit subovale, rétréci aux deux bouts, à section triangulaire, déformé et brisé par compression ; surface tantôt chagrinée, tantôt lisse ; stries divergentes près de la marge.

Longueur : 5,5 mm ; largeur : 3,25 mm.

Ce fruit est difficile à interpréter : il est éclaté et déformé. Comme dimension, il est plutôt plus petit, plus étroit et plus pointu à la base que le *F. esculentum* actuel. Le tégument externe et rude, visible par places, fait penser à un périanthe adhérent, enveloppant tout le fruit, comme nous l'avons indiqué pour le spécimen décrit en 1920. De plus, les stries divergentes, visibles près d'une partie de la marge, sont semblables à celles de la graine de *Fagopyrum*. Peut-être la pellicule externe du périanthe est-elle ici arrachée, mais il est malaisé de trouver les rapports entre les deux téguments. S'il s'agit bien d'une graine de *Fagopyrum pliogenicum*, elle est plus grande et moins élancée que le spécimen décrit d'abord (10).

RANUNCULACÉES : *RANUNCULUS GAIENSIS* E. M. REID

Nous avons encore trouvé 6 akènes de cette espèce. La plus grande mesure 1,2 mm. de longueur sur 1 mm. de large, la plus petite 0,9 mm. de long sur 0,8 mm. de large. Un exemplaire montre un tégument interne très bien conservé, et libre dans la cavité de l'akène. Ce tégument est brun clair, de consistance moyenne et formé de cellules quadrangulaires. Il con-

corde avec le tégument interne des akènes de différentes espèces de *Ranunculus*, en particulier de *R. Ficaria*.

RANUNCULUS sp.

Deux nouveaux spécimens ont été découverts qui concordent par leurs caractères généraux, avec le carpelle décrit en 1920 comme *Ranunculus* sp. (10) ; mais leur état de conservation est plutôt différent. Dans l'un d'eux, le tégument externe, rude, existe encore, montrant à sa surface de nombreux tubercules aplatis. L'autre, brisé, montre la face interne. Celle-ci ne concorde pas avec la structure de la partie correspondante du genre *Ranunculus*, car elle est formée de cellules allongées transversalement et disposées en rayons longitudinaux.

Je crois m'être trompée en attribuant d'abord ce fossile au genre *Ranunculus*.

MÉNISPERMACÉES : *MENISPERMUM CANTALENSE* E. M. REID

PL. X, FIG. 7.

Deux endocarpes en parfait état de conservation ont été découverts. Le meilleur des deux montre, à sa base, une cavité plus prononcée que dans aucun des spécimens précédemment décrits. J'ajouterai que la base s'épaissit à la manière du bourrelet basal de la graine de *M. dahuricum*. Ces deux caractères augmentent la ressemblance de cette espèce avec le fossile. Mais celui-ci n'en diffère pas moins de son congénère vivant par sa dimension, sa glyptique plus accentuée et sa base à concavité moins profonde.

MAGNOLIACÉES : *MAGNOLIA*.

La graine typique du genre *magnolia* présente une symétrie approximativement bilatérale par rapport à une ligne médiane que suit le raphé. Les graines de certaines espèces, lorsqu'elles ne sont pas déformées par compression réciproque, sont plus larges que longues ; c'est le cas de la plupart des formes asiatiques. D'autres espèces (la plupart des formes américaines sont dans ce cas) présentent une graine plus longue que large. Certaines sont un peu aplaties en direction dorso-ventrale ; d'autres, au contraire, considérablement renflées. Autant que j'ai pu en juger, les graines de la plupart des espèces asiatiques ont un testa lisse, alors qu'il est rugueux dans la plupart des espèces américaines. Bien qu'à symétrie primitivement bilatérale, les graines contenues dans leur réceptacle sont souvent comprimées par pression réciproque normalement

à leurs bords contigus, de telle sorte que la symétrie initiale disparaît.

Je n'ai jamais observé de cas de déformation des deux faces de la graine et, en tenant compte de la cause qui produit ces déformations, je ne crois pas que ce cas puisse se produire. Ce qui revient à dire qu'on ne saurait trouver de graines à symétrie bilatérale plus longues que larges dans une espèce à graines plus larges que longues.

Le Pont-de-Gail m'a livré deux graines en parfait état, plus deux grands et deux petits fragments. Tous les fragments montrent l'épaississement interne de la cloison autour d'un large micropyle, très caractéristique du genre, dans les deux échantillons intacts, la partie externe du micropyle concorde également avec ce qu'on observe dans les graines de *Magnolia*. J'ai d'abord hésité à savoir si je me trouvais en présence d'une seule espèce, de deux ou de trois. Les grands fragments appartiennent au type plus large que long, les deux graines complètes au type plus long que large ; mais une de ces dernières, vue en coupe, est presque cordiforme, et l'autre à peu près plate. J'avais alors eu en main trop peu de termes de comparaison actuels pour décider si de telles variations peuvent exister dans une même espèce. J'en étais là quand j'ai eu la bonne fortune de recevoir deux excellentes récoltes de fruits et de graines de *Magnolia*, permettant d'apprécier clairement le mode de déformation des graines, sa cause et les limites dans lesquelles elle peut se produire. Je dois une de ces récoltes à l'amabilité de M. Reginald Cory, qui avait donné comme instructions à son collecteur, M. Forrest, alors en Chine, de m'envoyer des fruits et des graines de ce pays. Je dois l'autre collection à M. H. W. Grigg : elle représente très complètement une espèce chinoise, *M. Wilsonii* REHDER, et provient d'un arbre qui mûrit ses fruits dans son parc du Devonshire méridional. Grâce à ces matériaux, je crois pouvoir, sans crainte d'erreur, décrire les graines du Pont-de-Gail comme appartenant à trois espèces différentes de *Magnolia*. Mais je n'ai pas cru devoir leur imposer de noms spécifiques, et cela pour les raisons exposées à propos de chacun d'eux.

M. Marty a signalé *M. acuminata* du Pliocène de Las Clausades (4) et M. Laurent a indiqué, avec doute, l'existence d'un *Magnolia* à la Mougudo (3). J'ai comparé les fossiles du Pont-de-Gail avec les graines de l'espèce nord-américaine indiquée par M. Marty, mais aucune d'elles ne peut lui être attribuée. Les graines de cette dernière espèce sont corruguées longitudinalement et ne présentent pas la surface lisse des organes du Pont-de-Gail.

MAGNOLIA sp. 1 (cf. *M. SALICIFOLIA* MAXIM.).

PL. X, FIG. 8.

Deux grands fragments d'une graine plus large que longue, cordiforme, à surface finement chagrinée. Dans son intégrité, cette graine devait mesurer : longueur : 6 mm., largeur : 7 mm. J'ai comparé ces fragments avec de nombreuses graines de *Magnolia* chinois, japonais, indiens et américains. L'espèce à laquelle ils ressemblent le plus comme taille, forme, texture du testa, est le *M. salicifolia* MAXIM; mais je n'ai eu à ma disposition qu'une seule graine de cette dernière espèce, et dépouillée de son tégument mou, externe. Elle mesure 5,5 mm. de long, sur 6,5 mm. de large; elle n'est pas acuminée et présente un ensellement plus marqué que dans le fossile; mais la forme plus aplatie de ce dernier peut tenir à la compression.

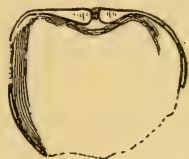


FIG. 1. — GRAINE DE *Magnolia*, sp. 1. — Intérieur de la graine. — $\times 3 \frac{1}{2}$.

Le *M. salicifolia* est une espèce montagnarde du Japon. Le professeur Sargent nous apprend qu'elle est commune sur le Mont Hatkoda, dans les endroits humides, à une altitude de 700 à 1000 m. au-dessus du niveau de la mer.

Je n'ai pas spécifié le fossile parce que je ne suis pas certaine qu'il puisse être, ou non, rattaché à l'espèce vivante:

MAGNOLIA sp. 2.

PL. X, FIG. 9.

Graine oblongue, cordiforme, aplatie, portant un raphé médian net; surface très finement variolée (fig. 2).

Longueur : 7 mm. ; largeur : 4 mm. La surface de cette graine ressemble à celle de la précédente, mais sa forme est très différente.



FIG. 2. — COUPE TRANSVERSALE DE LA GRAINE DE *Magnolia* sp. 2. — $\times 5$.

Pour les motifs que j'ai exposés aux considérations générales je ne crois pas pouvoir placer les deux fossiles dans la même espèce.

Mais il me paraît prudent d'attendre l'examen d'autres spécimens avant de donner un nom spécifique à la graine en question. On peut espérer qu'ils nous seront fournis par les nouveaux envois qui nous seront faits du Pont-de-Gail.

MAGNOLIA sp. 3.

PL. X, FIG. 10.

Graine oblongue, obovée, à symétrie bilatérale, cordiforme en coupe (fig. 3). — Longueur : 5,75 mm. ; largeur : 2,5 mm. ;

épaisseur : 3, 25 mm. A s'en tenir à la forme générale, cette graine pourrait être prise pour un exemplaire de l'espèce précédente, à distorsion symétrique et compression latérale. Mais son tissu cellulaire montre une structure plus grossière. Si, comme je l'ai déjà noté, l'on ajoute que les graines de *Magnolia* ne se prêtent pas à une déformation bisymétrique, l'interprétation indiquée plus haut ne peut tenir.



FIG. 3. - COUPE
TRANSVER-
SALE DE LA
GRAINE DE
Magnolia sp.
3. — $\times 5$.

Par sa forme, la graine en question ressemble à celles des *Mangletia*, genre qui diffère du *Magnolia* pas le fait que son carpelle, au lieu de ne renfermer que deux graines, en contient 6 ou plus ; mais son micropyle paraît bien être celui d'un *Magnolia* et non d'un *Mangletia*. Dans ce dernier genre, en effet, autant que j'aie pu en juger à Kew, le micropyle consiste en un simple trou et non en un tampon de structure compliquée, comme chez les *Magnolia*.

Pour procéder à la détermination de ce fossile, il faut, comme pour le précédent, attendre la récolte de plus amples matériaux.

CAPPARIDACÉES : *CLEOMELLA* n. sp. (cf. *C. LONGIPES* TORR.).

PL. X, FIG. 11, 12.

Graine légèrement brisée et froissée, campylotrope, ronde, un peu comprimée ; micropyle circulaire, en connexion avec une fente germinative qui atteint presque le milieu de la graine, et se termine à l'extrémité épaissie de la graine qui porte le hile. Tégument formé de trois tuniques dont deux sont conservées, la troisième, l'externe, n'étant plus indiquée que par les impressions qu'ont laissées ses cellules ; assise moyenne d'un brun clair, à petites cellules carrées ; superposées à celles-ci, on peut observer, surtout au milieu de la graine, au-dessus du condyle, les impressions de grandes cellules lâches, lesquelles représentent la tunique externe ; l'interne blanche, luisante, formée de petites mailles fermées. — Diamètre : 2 mm.

Cette graine est très voisine de celles de *Cleomella longipes* TORR. La dimension et la structure des cellules concordent. La seule différence est l'absence, sur le fossile, du large anneau hilaire visible chez *C. longipes*. Il serait désirable que de nouveaux spécimens du Pont-de-Gail permettent de décider s'il s'agit ici d'un accident de fossilisation ou d'une différence spécifique.

G. longipes est une espèce du Mexique et des régions désertes de l'Amérique occidentale.

ROSACÉES : *CRATÆGUS*.

Les carpelles de *cratægus* diffèrent de celles de *Cotoneaster* de la façon suivante :

Chez *Cotoneaster*, le hile est basal ; chez *Cratægus*, il est ventral ou basi-ventral. Chez *Cotoneaster*, l'arille rude, adhérent, est confiné au dos du carpelle. Chez *Cratægus*, il se prolonge plus ou moins sur les faces latérales. Chez *Cotoneaster*, le style, bien que terminant la face ventrale, est plus ou moins recourbé sous l'apex, généralement gibbeux, de façon à ne faire que rarement saillie au-dessus du sommet du carpelle. Chez *Cratægus*, il est proéminent et apical à la marge ventrale.

De toutes façons les caractères de l'espèce du Pont-de-Gail concordent mieux avec ceux des *Cratægus* qu'avec ceux des *Cotoneaster*. C'est pourquoi je l'ai attribué au premier de ces deux genres.

Trois espèces du genre ont été signalées dans le Pliocène moyen de Castle Eden et une l'a été au Pliocène inférieur de Reuver.

Les endocarpes du Pont-de-Gail sont difficiles à interpréter. Ils sont presque toujours fortement comprimés ; aussi leurs caractères restent-ils obscurs et exigent-ils une étude minutieuse. Mais, parmi ces caractères, il en est quatre qui semblent nettement marqués et auxquels j'attribue une valeur spécifique, bien que je n'aie pas donné de nom spécifique à l'une des formes distinctes qu'ils dénotent. Quelques spécimens douteux paraissent ne pas concorder avec les précédents, mais je ne saurais dire s'il s'agit d'espèces réellement distinctes ou de différences provenant de leur mauvaise conservation. Je les ai donc réservés pour plus tard, dans l'espoir que de nouvelles récoltes permettront de trancher la question.

On a signalé à Niac *Cratægus oxyacanthoides* Gœpp., mais aucun des fossiles du Pont-de-Gail ne ressemble à *C. oxyacantha*. *Cotoneaster arvernensis* LAURENT (cf. *C. vulgaris* LINDL.) a été trouvé à la Mougudo. C'est de cette espèce que je rapproche le *C. sp.* 4.

CRATÆGUS GAIENSIS n. sp.

PL. X, FIG. 13, 14.

Carpella 5, parva, semi-obovata, prope medium latissima, apice leviter gibbosa, margine ventrali recta ; stylus brevis, vix patens.

Cinq graines dans la baie, petites, semi-obovées, plus larges vers leur milieu, parfois avec une grande dépression peu pro-

fonde au milieu du dos ; apex à peine renflé, ou même aplati. Marge ventrale rectiligne, avec une forte côte marginale terminée par un style épais, peu distinct ; hile basi-ventral ; zone de contact des téguments libre et adhérent, peu nette, atteignant à peu près le $1/7$ de l'apex sur la face dorsale, parfois moins, mais parfois aussi $1/4$ de sa longueur ; arille libre lisse, arille adhérent rude, se prolongeant peu sur les faces latérales.

Un carpelle brisé montre un fragment de graine à cellules quadrangulaires, épaissement cloisonnées, caractère qui concorde avec ceux des espèces vivantes du genre. — Longueur moyenne : 2,5 mm. ; largeur moyenne : 1,3 mm.

Cette espèce paraît variable, la principale variation résidant dans la zone de jonction des arilles libre et adhérent. Bien que ce soit là un caractère légèrement variable dans les espèces vivantes, chez aucune d'entre elles je ne l'ai vu aussi étendu que dans les fossiles du Pont-de-Gail. Mais, de par ailleurs, les autres caractères concordant, il paraît impossible de scinder sur un seul caractère sujet à variations des espèces ou même des variétés, parmi lesquelles il faudrait en distinguer, dans ce cas, plusieurs. — 13 exemplaires.

CRATÆGUS PARVICARPA n. sp.

PL. X, FIG. 15, 16, 17.

Carpella 5, minima, basi ventricosa, superne triangularia, margine ventrali recta vel leviter convexa ; stylus apicalis, patens.

Cinq carpelles, très petits, larges, ventrus à la base (arille fixe), triangulaires au sommet (arille libre), surface dorsale convexe ; marge ventrale droite ou légèrement incurvée, terminée par un style court, apical, bien visible, hile basi-ventral ; jonction des deux arilles de la face dorsale s'opérant à peu près au milieu de la longueur de la graine ; arille libre lisse, arille adhérent rude.

Les graines comprimées dans différentes directions, ce qui indique qu'elles étaient très renflées et pouvaient se trouver, les unes par rapport aux autres, dans plusieurs sens. — Longueur : de 2 mm. à 1,75 mm. ; largeur : de 1,4 mm. à 1,3 mm.

Parmi les matériaux recueillis, un étroit endocarpe semble, à première vue, dénoter une autre espèce ; mais comme les espèces vivantes offrent des variations analogues, comme, à tous autres égards, il concorde avec le type, tout porte à croire qu'il appartient à celui-ci.

Je n'ai pu trouver d'espèce vivante de *Cratægus* à graines

aussi petites. Celle qui s'en rapproche le plus comme taille est le *Cratægus* (*Pyracantha*) *crenulata*, var. *yunnanensis*, dont les carpelles ont de 2 mm. à 2,5 mm. de long. Je n'ai pas vu non plus d'espèces vivantes du genre ayant des graines aussi rétrécies, aussi triangulaire au sommet, ni aussi si ventrues à la base. Au point de vue de ce dernier caractère, c'est *Cratægus pyracantha* qui s'en rapproche le plus. Les espèces fossiles de Castle Eden et de Reuver sont toutes considérablement plus grandes.

La forme très ventrue de la graine de l'espèce du Pont-de-Gail et sa petite taille sont de nature à la rapprocher de *C. pyracantha*. Il convient de noter que Saporta a décrit *P. palæopyracantha* (feuilles) de l'Oligocène du Bois-d'Asson et de Marseille.

CRATÆGUS ANGUSTICARPA n. sp.

PL. X, FIG. 18.

Carpella 5, angusta, elongata, in medio latissima, in area libera conspicue contracta, margine ventrali recta; stylus apicalis.

Cinq carpelles dans la baie, allongés, rétrécis aux deux bouts et nettement contractés au-dessus de l'arille libre, aplatis au sommet; jonction des deux arilles à environ $1/3$ de l'apex; arille libre lisse, arille adhérent à peine rude et se prolongeant peu sur la surface ventrale; marge ventrale droite, dépourvue de la forte côte observable dans la graine du *C. gailensis*; style (brisé) apical; hile subbasal. — Longueur: 3,5 mm.; largeur: 1,5 mm.

Cet échantillon est bien mieux conservé que les précédents, n'étant pas écrasé.

CRATÆGUS sp. 4, n. sp.

PL. X, FIG. 16.

Ce carpelle paraît avoir appartenu à une baie tricarpellée. Il est très dilacéré. Il est un peu contracté au-dessus de l'arille libre qui rejoint l'arille adhérente à environ $1/3$ de l'apex, sur la face dorsale (fig. 4). Le style est apical et court (ou brisé?); hile basi-ventral.

Le spécimen en question n'est pas assez bon pour être spécifié. Il a une ressemblance superficielle avec les graines de *Cotoneaster vulgaris* LINDL., auquel l'espèce fossile *C. arvernensis* LAURENT est étroitement alliée (3, p. 184-186). Mais il diffère essentiel-

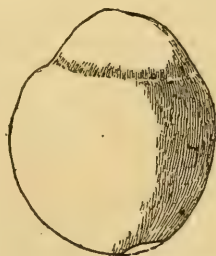


FIG. 4. — *Cratægus*, sp. 4. — Extérieur de l'endocarpe. — $\times 5$.

lement de *C. vulgaris* par son style apical et non profondément déjeté et en ne montrant pas la même surface en impression digitale.

SORBUS EXPANSA KÖHNE ?

PL. X, FIG. 20.

Graine petite, obovée, finement variolée. — Longueur : 3 mm. ; largeur : 1,5 mm.

Cette graine est plus petite et plus finement variolée que celles de *S. aucuparia*, laquelle est la seule espèce européenne qui puisse lui être comparée par la taille. *S. expansa*, espèce chinoise, a des graines qui lui ressemblent exactement par tous leurs caractères. Je dois pourtant faire observer que la même section renferme, en Chine, deux ou trois autres espèces à petits fruits que je n'ai pu examiner. La comparaison avec eux faisant défaut, ce n'est qu'avec un point de doute que je rapporte l'espèce du Pont-de-Gail à *S. expansa*, laquelle est un arbre du Houpé occidental.

S. aria a été signalé dans le Miocène supérieur de Joursac (5).

RUBUS (cf. *R. villosus* AIT.).

PL. X, FIG. 21.

Graine subovale, légèrement brisée au bord ventral ; fossettes grandes et profondes, nettement allongées vers l'apex, avec des sillons étroits, dichotomes, qui jaillissent brusquement du bord dorsal, large et plat, bord dorsal marqué par une délicate striation rayonnante et quelques aiguillons jaillissant des côtes centrales ; hile basi-ventral. — Longueur : 2,7 mm. ; largeur : 1,5 mm.

La seule espèce vivante présentant les mêmes caractères généraux que j'ai pu découvrir est *R. villosus* AIT., de la partie orientale de l'Amérique du Nord.

Les graines de *R. villosus* ont la même dimension, en général la même marge étroite, en boudin, avec fines stries radiantes, des fossettes du même aspect, à ceci près qu'elles sont moins nombreuses et s'étendent moins loin vers l'apex.

Un second exemplaire, entier, obové, un peu plus petit (longueur : 2 mm. ; largeur : 1,5 mm.), mais plus comprimé et moins bien conservé, paraît appartenir à la même espèce et, par la forme et son fin variolage concorde mieux avec les graines typiques de *R. villosus*.

Le premier spécimen décrit a été, après avoir été étudié et dessiné, accidentellement brisé et en partie perdu ; seul le hile a pu être conservé.

RUBUS OCCIDENTALIS LINN.

PL. X, FIG. 22.

Graine presque en forme de croissant ; fossettes couvrant toute la surface, petites et à peu près uniformes, mais allongées transversalement au hile et radialement par rapport au bord dorsal ; hile basi-ventral. — Longueur : 1,8 mm. ; largeur : 1,3 mm.

J'ai trouvé tous les caractères de ce fossile dans des échantillons de *R. occidentalis* LINN. et un de ceux de ma collection n'en diffère que par ce fait que les fossettes, au voisinage du hile, sont moins allongées en travers.

Quand il s'est agi de la détermination de cette espèce et de la précédente, grâce à la riche collection de fruits de l'herbier de Kew, j'ai pu les comparer avec à peu près tous les *Rubus* connus. *R. occidentalis* possède une vaste aire de dispersion dans l'Amérique du Nord, du Canada au Mexique et jusqu'à l'Amérique centrale.

PRUNUS VENOSA KÆHNE ?

PL. X, FIG. 23.

Endocarpe de petite taille, ovale, pointu au sommet ; ornementation de la surface peu apparente, sauf dans la région du raphé, marquée par une large bande de côtes parallèles, ayant l'aspect d'une filoclie et d'où jaillit une côte latérale, bien marquée, en forme de voûte. — Longueur : 5,5 mm. ; largeur : 4,5 millimètres.

On ne trouve pas d'endocarpe aussi petit parmi les fruits des espèces européennes, mais il en existe dans les espèces chinoises et nord-américaines, la plus voisine, à ce point de vue, étant *P. venosa* KÆHNE (sec. *Padus*). Cette espèce concorde avec le fossile comme taille et forme, par les côtes de son raphé et sa voûte latérale, ainsi que par surface finement granulée. Il est probable que la graine fossile peut lui être rattachée, mais, pour l'affirmer, il serait à désirer d'avoir affaire à une graine non écrasée. *P. venosa* habite le Houpé occidental, en Chine.

LEGUMINEUSES : MARTYIA NAVICULÆFORMIS nov., gen. n. sp.

Semen albuminosum, semi-lenticulare testa incrassata, osseum, hilo ligulato, micropyla prope marginis ventralis rectæ basem posita ; radícula digitaliformis, curvata, haud inter cotyledonibus posita sed eminens.

En 1920, j'ai décrit et figuré un unique spécimen d'une graine

(10, p. 69, 70, pl. III, fig. 29, a, b) que j'ai attribuée à la famille des Légumineuses. Depuis, plusieurs belles graines de cette espèce ont été recueillies, ce qui permet de faire une étude complète de leur anatomie. Grâce à ce supplément d'information, j'ai modifié comme suit ma description originale (fig. 5).

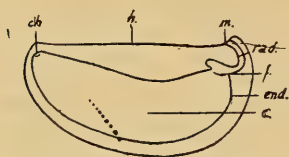


FIG. 5 a. — COUPE LONGITUDINALE DE LA GRAINE DE *Martynia naviculæformis*. — h, hile. m, micropyle. rad, chambre radulaire. f, foramen. c, cavité de la graine. ch, chalaze. end, endosperme. — $\times 31\frac{1}{2}$.

Graine albuminée, semi-lenticulaire, portant un léger bec au micropyle; bord dorsal présentant une courbure régulière et convexe; bord ventral à peu près droit et occupé, sur toute sa longueur, par le hile en forme de languette (h.); micropyle (m.) ventral, situé près de l'extrémité du bord rectiligne, béant (peut-être par suite de la décomposition de l'organe), en contact avec le hile et pénétrant dans la chambre radulaire, courbe, tubulaire (rad.)

située au sommet du bord ventral; chambre radulaire communiquant avec la cavité de la graine au sommet du bord ventral par un large foramen arrondi (f.) formé par un étranglement annulaire et bien prononcé de la cavité, dû à un épaississement circulaire et interne, en forme de bourrelet, du testa; cavité de la graine grande, simple, entièrement tapissée par l'endosperme qui se moule exactement sur elle; chalaze basi-ventrale (ch.); testa très épais et dur, très épaissi à l'intérieur le long du bord ventral, au-dessous du hile, finement granulé au dehors, formé de nombreuses couches de très petites cellules; les couches externes formant une mince écorce de structure peu distincte mais montrant parfois de petites protubérances en corniche peu accentuées, au bord des cassures du testa; couches internes formées de très petites cellules montrant, vers la périphérie, une disposition colonnaire, mais une structure plus confuse vers l'intérieur; endosperme mince, coriace (probablement de consistance cornée durant la vie de l'organe), brun clair, formé de cellules de taille moyenne, quadrilatérales ou polygonales, disposées en lignes s'irradiant autour du point d'étranglement de l'organe; la plupart du temps l'endosperme adhère au testa, mais, dans deux ou trois exemplaires, il est partiellement ou complètement libre.

Embryon. — Cotylédons grands, charnus; radicelle en forme de doigt, arquée, faisant saillie hors des cotylédons et non embrassée par eux; jonction des cotylédons et de la tigelle au sommet de la face ventrale.

Longueur : 7 à 9 mm. ; largeur : 4,25 à 5 mm.

La structure de cette graine ne laisse aucun doute sur son attribution aux *Légumineuses*. Chacun des caractères du fossile peut être trouvé dans un membre ou dans un autre de cette famille.

En vue de la détermination du fossile j'ai, à l'aide de ma collection personnelle, examiné environ un cinquième des genres dont elle se compose. Cela représente à peu près toutes les sections en lesquelles elle se subdivise et toutes les formes des zones tempérée et tempérée chaude du monde entier. J'ai pu faire de ces matériaux une étude anatomique. Par surcroît, j'ai dessiné, de l'herbier de Kew, des espèces appartenant à plus de cent genres et provenant des mêmes régions, plus de la zone tropicale. Mais, sauf quelques exceptions, je n'ai pu faire de ces spécimens une étude anatomique. Dans l'étude de la graine et de l'embryon, j'ai fait usage des travaux d'Engler et de Lubbock, mais je m'en suis surtout rapportée à mes propres observations.

Il importe, avant d'entrer dans le détail, de mettre certains points en pleine lumière. L'un d'eux est que la radicelle forme saillie hors des cotylédons et n'est pas enveloppée par eux. Invariablement, chez les *Légumineuses*, les cellules de l'endosperme et des cotylédons rayonnent de la base de la tigelle, au point où elle est en contact avec ceux-ci. Dans le fossile, elles rayonnent de l'étranglement qui sépare la chambre radiculaire de la cavité de la graine. C'est, par conséquent, sur ce point que les cotylédons se rattachent à la tigelle, le tout étant renfermé dans la chambre radiculaire. De plus, une comparaison avec les graines actuelles montre que le tégument interne, brun clair, parfois non adhérent au testa, ne peut être que l'endosperme ou endoplèvre. Sa structure concorde avec celle de l'endosperme de beaucoup de membres de la famille et ses rapports avec le reste de la graine sont exactement les mêmes.

La radicelle arquée, nullement enveloppée par les cotylédons suffit pour exclure le fossile des sections *Mimosoïdées* et *Césalpinioïdées*. Restent les *Papilionacées*. Les graines de cette dernière section montrent des caractères très variés parmi lesquels on peut trouver tous ceux du fossile. Mais, si loin que j'aie pu pousser mes investigations, je n'ai jamais rencontré tous les caractères de ce dernier réunis dans un même genre vivant. Les graines carénées ne sont pas un type très commun. Elles existent chez *Cladrastis*, *Amorpha*, *Robinia*, *Dalbergia*, *Calpurnia*, *Schotia*, à ne nommer que quelques genres. L'épaississement du testa est encore plus rare et, quand il existe, il provient d'un ou deux *processus* différents. Le testa est fondamentalement formé de deux

assises distinctes, une assise externe, très dure, de petites cellules disposées plus ou moins en colonnes, et une assise interne, de parenchyme plus lâche, laquelle très occasionnellement, peut être réduite ou faire presque défaut. Tantôt c'est l'une, tantôt c'est l'autre de ces deux assises qui s'épaissit. Si j'interprète correctement le fossile, c'est l'assise externe qui s'y est épaissie, l'interne manquant ou presque. S'il n'en est pas ainsi c'est alors que les deux assises sont confondues et indistinctes, cas dont je ne connais pas d'exemple dans les graines vivantes. Il convient, en outre, de ne pas perdre de vue que la distinction entre les deux assises, dans les graines vivantes, est souvent rendue possible grâce à leur différence de couleur et que, ce caractère ayant disparu par suite de la fossilisation, les deux assises peuvent se

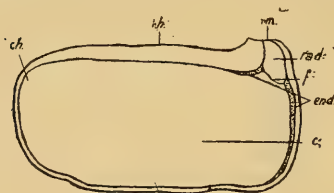


FIG. 5 b. — COUPE LONGITUDINALE D'UNE
GRAINE DE *Barklya syringifolia*.
Même légende. — $\times 3\frac{1}{2}$.



FIG. 5 c. — EMBRYON DE *Barklya syringifolia*. — rad, radicule.
Cot, cotyledon. hyp, tigelle.
— $\times 3\frac{1}{2}$.

confondre, alors que tel n'était pas le cas durant la vie de la graine. La zone allongée d'épaississement associée au hile en languette se présente encore moins souvent : elle est particulièrement nette chez *Barklya syringifolia*. On trouve un endosperme dans les graines de cette section, mais pas communément. Il se montre parfois sous forme d'un tégument mince, corné, d'égale épaisseur, adhérent au testa ; mais, plus souvent il est localisé autour de la radicule. Le caractère le plus rarement réalisé dans la nature actuelle et, à mon sens, le plus important, est la forme de la radicule, arquée et saillante, ni accumbante, ni incumbante. Je n'ai trouvé ce caractère que dans le genre monotype *Barklya*. Il est lié d'une façon si étroite à la forme de l'embryon que, dans la recherche des affinités du fossile, il me semble devoir faire pencher le plateau de la balance et l'emporter sur les différences pouvant exister de par ailleurs. C'est pourquoi j'inclinerais à ranger celui-ci dans la section des Sophorées, non loin du genre *Barklya*. Mieux vaut, cependant, ne pas le placer dans ce genre, car il présente plusieurs différences importantes, de l'ordre de celles qui, parfois, mais pas toujours, ont une valeur générique. Bien qu'ayant la même forme générale, la graine de *Barklya*

est irrégulière et beaucoup plus comprimée, avec des cotylédons légèrement lobés, alors que ceux du fossile étaient certainement charnus et entiers. Chez *Barklya*, le testa est mince et le tégument interne plus développé que l'externe, alors que, d'après ma façon d'interpréter les téguments, c'est l'inverse qui a lieu dans le fossile. Chez *Barklya*, l'endoplèvre, bien qu'enveloppant complètement l'embryon, est plus épaisse autour du hile que partout ailleurs, le bourrelet interne qui en résulte provenant tout entier de ce tégument et non d'un épaississement du testa lui-même, comme c'est le cas dans le fossile.

Comme terme de comparaison, j'ai figuré une silhouette de la graine et de l'embryon de *Barklya syringifolia*, arbre qui habite le Queensland.

Malgré l'impossibilité de déterminer plus complètement ce très beau fossile, j'ai cru devoir lui imposer un nom, celui du chercheur qui l'a découvert, M. Pierre Marty, dont les ouvrages sur la botanique fossile sont bien connus.

Son testa dur assure à cette graine une conservation des plus parfaites et peut-être sera-t-elle appelée à jouer, comme espèce caractérisant un niveau paléontologique, le rôle d'un fossile de grande valeur.

RUTACÉES : *PHELLODENDRON ORNATUM* n. sp.

PL. X, FIG. 24.

Semen semi-lenticulare, compressum, margine ventrali leviter convexa, prope micropyla haud uncinatum ; foveæ quadrilaterales superficiales ornatissimæ, cristatæ, striatæ.

Graine semi-lenticulaire, comprimée latéralement (ce qui est, en partie, dû à l'aplatissement de la fossilisation) ; bord dorsal convexe ; bord ventral légèrement convexe, non géniculé au contact du micropyle ; hile en languette ; taille moindre que celle des deux autres espèces pliocènes (3) et que celle du *P. sinense* actuel, mais concordant avec celle des *P. amurense*, *P. japonicum*, *P. Lavalleyi* et *P. sachalinense*. La surface est ornée de dépressions quadrilatérales très accentuées, alignées en rayons du micropyle à la chalaze. Ces rayons sont moins réguliers que ceux des deux autres espèces pliocènes, mais plus réguliers que dans les espèces actuelles que j'ai examinées. A ce point de vue, *P. japonicum* et *P. Lavalleyi* sont les espèces vivantes qui ressemblent le plus à celle du Pont-de-Gail et, parmi les espèces fossiles, la forme *P. elegans* de Tegelen en est plus voisine que celle de Reuver. La surface est, en outre, ornée de cellules fréquemment carrées, régulièrement disposées en

dépansions quadrilatérales, par conséquent juxtaposées en files et à bords formant des crêtes. Le fossile ressemble aux *P. sinense* et *P. japonicum* par le fait qu'il n'est pas géniculé au micropyle. — Longueur : 4,5 mm. ; largeur : 3 mm.

1 exemplaire complet et quelques petits fragments.

On connaît actuellement 9 espèces vivantes du genre. J'ai vu les graines de 5 d'entre elles, qui appartiennent toutes à ma collection. Le tableau ci-dessous montre leurs caractères comparativement avec ceux du fossile. Les espèces y sont réparties en allant de la plus grande à la plus petite.

		DIMENSION				FORME		FOSSETTES						CELLULES	
		Maxima		Minima		non géniculée	géniculée	carrées	polygonales	grandes	petites	en rayons longitudinaux	irrégulières	carrées	polygonales
		1	2	3	4										
ESPÈCES FOSSILES	<i>P. ornatum</i>				+	+		+			+	+		+	
	<i>P. tessellatum</i>	+					+	+			+	+		+	
	<i>P. elegans</i>			+			+	+		+		+		+	
ESPÈCES VIVANTES	<i>P. amurense</i>				+		+		+	+			+		+
	<i>P. sinense</i>		+				+		+	+			+		+
	<i>P. japonicum</i>				+	+			+	+			+		+
	<i>P. sachalinense</i>				+	+			+	+			+		+
	<i>P. Lavalleyi</i>			+			+		+	+			+		+

Je noterai en passant que la récente acquisition de graines de *P. Lavalleyi* m'a permis de les comparer avec les espèces fossiles. Il n'est pas douteux que le *P. elegans* de Tegelen et de Reuver est étroitement allié à cette espèce. Dimensions et forme concordent, à ceci près que la graine du *P. elegans* est légèrement géniculée au micropyle, avec une glyptique de surface plus fine et plus régulière.

P. Lavalleyi est une espèce japonaise.

ANACARDIACÉES : *BUCHANANIA* n. sp. ?

PL. X, FIG. 25.

Endocarpe subovoïde, aplati par compression, montrant, en coupe, des lobes arrondis, s'appuyant sur une tige ou réceptacle épaissie, d'un brun clair, ayant parfois laissé son empreinte à leur surface (sous l'influence de la compression ?) ; autour du sommet du pédoncule, entre celui-ci et l'endocarpe, on distingue la base de plusieurs rangs de poils, deux de ces poils, intacts, adhèrent encore à l'échantillon ; surface couverte de petites rides enchevêtrées les unes dans les autres et dont les dépressions sont remplies d'une substance blanche ; cloisons assez épaisses mais qui n'ont probablement pas dû être indurées, à en juger par l'écrasement des endocarpes ; ceux-ci formés de cellules plutôt grandes, à structure colonnaire vers l'extérieur, mais irrégulières vers l'intérieur ; la structure colonnaire résulte de la disparition des cloisons transversales, dont on voit encore les bords ; les cloisons des cellules sont finement ponctuées.

Deux échantillons intacts et beaucoup de grands fragments, tous aplatis par compression, mais de telle façon qu'on peut en déduire que la graine était primitivement renflée.

Les mensurations des deux échantillons intacts donnent :

Longueur : 4,3 mm. ; largeur : 2,8 mm.

— 4,7 mm. ; — 3,25 mm.

Le pédoncule ou réceptacle renflé, en connexion avec l'endocarpe est caractéristique de beaucoup de genres d'Anacardiacees. Malgré mes recherches, je n'ai trouvé ce caractère dans aucune autre famille. On l'observe dans les genres *Pistacia*, *Schinus*, *Buchanania* et beaucoup d'autres. On retrouve également chez les Anacardiacees les téguments à structure colonnaire et fréquemment aussi la surface de la graine y est ridée ou alvéolée de fossettes dont les creux sont remplis de résine ou d'huile. Le genre *Buchanania* présente avec le fossile cette ressemblance de plus que, le pédoncule de *B. reticulata* est garni d'une couronne de poils à sa jonction avec l'endocarpe, exactement comme dans le spécimen du Pont-de-Gail, quelques poils étant également disséminés à la surface de l'endocarpe. La grosseur des endocarpes de *Buchanania reticulata* concorde avec celle du fossile, mais ils sont plus courts et plus larges.

Les *Buchanania* sont des arbres formant une vingtaine d'espèces répandues sur l'Inde, la Birmanie, les Philippines, la péninsule malaise et l'Australie. Un spécimen de l'herbier de

Kew, étiqueté *B. latifolia* ROXB. a été trouvé par le D^r A. Henry dans les forêts du Yunnan à l'altitude de 1500 m. C'est un arbre de 6 à 9 m. de haut.

BUCHANANIA sp. ?

PL. X, FIG. 26, 27.

Endocarpe uniloculaire (ou biloculaire ?), subovale ou oblong, reposant sur un réceptacle épaissi en forme de pommeau. Une rainure médiane et longitudinale d'un côté, une côte de l'autre, marquent la suture des loges dans l'échantillon qui paraît être biloculaire ; au microscope, surface brillante, mais rude à l'œil nu ou sous un faible grossissement, cette apparence étant due à de nombreuses rainures irrégulières et longitudinales, formées de petites cellules à cloisons latérales épaisses, disposées en rangées irrégulières ; dans les rainures remplies d'une substance blanche, gisant de nombreux poils rudes. Les poils s'irradient autour du réceptacle et sont particulièrement abondants à sa périphérie. Bien que la compression subie par le fossile rende difficile l'interprétation des rapports entre les parties internes, il semble exister un mince cortex externe s'épaississant sur certains points de la surface et composé alors de plusieurs assises à structure columnaire. Sous ce premier tégument paraît en exister un second, à grandes lacunes remplies d'une substance blanche, tandis que, plus à l'intérieur encore, existerait un troisième tégument à texture grossière et lâche, qui peut représenter l'enveloppe de la graine. — Longueur de l'échantillon uniloculaire : 3,2 mm. ; largeur : 1,6 mm. Longueur de l'échantillon biloculaire (?) : 4,4 mm. ; largeur : 2,2 mm.

Deux échantillons.

L'épais réceptacle en forme de pommeau, semblable à celui de l'espèce précédemment décrite, suggère que nous sommes ici en présence d'une Anacardiacee. L'endocarpe tomenteux fait songer à *Buchanania*, le seul genre de la famille où j'ai vu ce caractère. Dans le grand échantillon, la cloison de l'endocarpe est brisée près du sommet et montre ainsi la structure décrite plus haut. La substance blanche empâte plusieurs grands fragments des extrémités libres des poils, comme si l'endocarpe avait germé et s'était brisé, exposant à l'air, durant la vie de l'organe, la matière visqueuse qui remplissait les lacunes, à laquelle les poils se sont collés. Ces poils sont robustes, de véritables soies, identiques à celles que montre l'endocarpe de *B. reticulata*. Les endocarpes ont dû en être assez épaissement revêtus, surtout vers leur base. La structure des cellules concorde avec celle de *B. reticu-*

lata, bien que les cellules du fossile soient plus grandes, donnant lieu à une striation plus grossière et que ses rainures soient plus longues, plus régulières et plus nettes.

Je n'aurais pas hésité à rapporter ces échantillons au genre *Buchanania* si le plus grand, au point où il est brisé, ne montrait — mais pas très clairement — la présence de deux loges. La rainure et la côte médianes, concordant apparemment avec une cloison interne, tendent à confirmer qu'il s'agit d'une carpelle biloculaire. Mais il ne faut pas perdre de vue qu'un pli imprimé à l'organe par la fossilisation, et suivi d'une forte compression, peut produire l'apparence trompeuse d'une cloison interne. Et ce sera là, aussi longtemps qu'on n'aura pas fait une coupe nette du fruit, que je n'ai pu réaliser en l'espèce, une très sérieuse cause de doute. Dans le cas présent, je penche à croire que la symétrie du fruit tout entière tend à indiquer l'existence de deux loges, et le mieux est de tabler sur cette présomption. Au début, le genre *Buchanania* montre 5 carpelles ; à maturité, 4 avortent et ne sont plus représentés dans le fruit que par les vestiges de leurs styles. Dans les autres genres d'Anacardiacées qui possèdent plus d'un carpelle, ceux-ci sont plus ou moins soudés les uns aux autres et, sauf chez les Sponidiées, tous, excepté un, avortent et disparaissent, bien que pourtant, mais très rarement, dans certaines espèces de *Pistacia*, deux des loges avortées subsistent. Il paraît douteux que les formes primitives de *Buchanania* aient eu des carpelles biloculaires. Dans ce cas, il faudrait en conclure que chez les *Buchanania*, comme chez d'autres genres, les carpelles, originairement nombreux, se sont soudés les uns aux autres et que, pendant que les uns avortaient et disparaissaient, d'autres se conservaient.

AQUIFOLIACÉES : *Ilex cantalensis* n. sp.

PL. XI, FIG. 1.

Carpella parva, subovalia vel rotundato-oblonga, in sectione rotundato-triangularia, fibrarum fascibus 9-12 longitudinalibus ramosis anastomosantibus, in superficie dorsali in costibus filiformibus feruntur.

Carpelles petits, ovales, subovés ou oblongs, arrondis ; en coupe, triangulaires à bords arrondis, avec 9 à 12 plages longitudinales de fibres, qui se dichotomisent et s'anastomosent, celles de la surface dorsale passant peu à peu à des côtes filiformes et peu distinctes ; tégument externe lisse, sauf en ce qui touche les côtes ; tégument interne (visible aux points où l'externe a été enlevé), rugueux, à structure finement plissée en travers ; sous

ce tégument, un autre, peut-être le testa de la graine, également rugueux, montre une structure finement plissée en long.

Un échantillon, admirablement conservé grâce à son épigénisation par de la pyrite de fer, a gardé la forme renflée qu'il avait à l'état de vie et montre la structure décrite ci-dessus. Les autres spécimens, très nombreux, sont écrasés. — Longueur de l'échantillon renflé : 4,5 mm. ; largeur : 1,5 mm. (prise à travers la surface dorsale). Mensurations des graines écrasées : longueur : de 2,7 à 4,7 mm. ; largeur : 1,75 mm. (en tenant compte de l'écrasement).

La structure de ce carpelle concorde avec celle des carpelles d'*Ilex* et est particulièrement bien reconnaissable chez *I. crenata*. J'ai retrouvé exactement les mêmes variations de taille dans les carpelles d'*I. aquifolium*, la seule espèce dont j'ai une collection abondante, mais ceux-ci sont beaucoup plus grands que le fossile et moins allongés. *I. corallina* et *I. subrugosa* sont comparables à celui-ci pour la dimension et ont des côtes présentant les mêmes caractères généraux, mais moins nombreuses et beaucoup plus fortes. *I. franchetiana* présente à peu près le même nombre de côtes, mais elles ne sont pas assez effilochées, elles sont plus massives et le carpelle est un peu plus grand. *I. fragilis* montre des fibres effilochées, mais les crêtes de ses côtes sont moins aiguës et l'organe est plutôt de moindre taille. J'ai examiné de nombreuses espèces dans l'herbier de Kew, où ce genre est richement représenté par ses fruits, et c'est avec les quatre espèces nommées ci-dessus que le fossile présente le plus de rapports. Toutes quatre sont des espèces chinoises.

Le Pliocène de Castle Eden (Durham) a livré *Ilex oblongum* E. M. REID (11) : ses carpelles sont très étroitement allongés ; ils sont plus grands et plus élancés qu'aucun des spécimens du Pont-de-Gail.

M. P. Marty signale *I. aquifolium* dans les gisements de Cheylade et de Capels, d'après détermination basée sur les feuilles et M. Laurent *I. Boulei* SAP. (cf. *I. aquifolium*) des gisements de Niac et de la Mougudo, dans le Cantal. Il est intéressant de noter, à ce propos, qu'un des échantillons d'*I. Boulei* primitivement décrits par Saporta portait sur sa feuille un champignon rangé par Patouillard dans le genre *Phyllosticha*. Saporta, citant Patouillard, dit : « L'espèce de *Phyllosticha* à laquelle la forme fossile doit être rapportée n'existerait plus sur les *Ilex* européens ; mais il aurait observé au Muséum (de Paris), sur les *Ilex* de la Chine, des taches analogues. » Ce qui constitue une nouvelle et intéressante preuve des rapports existant

entre les Houx pliocènes du Cantal et les Houx actuels de la Chine.

SABIACÉES : *MELIOSMA EUROPEA* REID

PL. XI, FIG. 2.

Voici la description de cette espèce donnée dans la Flore de la frontière prusso-hollandaise, p. 113 (9) : « Endocarpe très grand, globuleux, portant à la face supérieure une carène émoussée, aplati en dessous, canaliculé et fortement plissé, portant un éperon à la face interne, à la base du style. Mésocarpe (?) localement ossifié et formant un tampon induré, à tissu vacuolaire, enveloppé dans les plis de l'endocarpe ; tampon volumineux, largement cunéiforme ou sagitté, atteignant l'éperon de la base du style et parfois l'entourant. — Longueur : 6 mm. ; largeur : 8 millimètres.

9 grands fragments du Pont-de-Gail doivent être rapportés à cette espèce. Le plus grand correspond à la taille moyenne de *M. europæa* et le plus petit ne dépasse pas la gamme de variations de cette espèce. La surface de l'endocarpe est finement granulée de fossettes polygonales, peu profondes, à bords en forme de grains de chapelet. Elles sont plus petites que chez les espèces vivantes les plus voisines, *M. beaniana* et *M. Veitchiorum*. De même, la surface est moins noduleuse et concorde, par ce caractère, avec *M. europæa*. Dans les échantillons parfaitement conservés de *M. europæa*, le tampon est sagitté ; mais il est le plus souvent cunéiforme, comme dans les spécimens du Pont-de-Gail. Un demi-endocarpe, en parfait état, montre le tampon très bien conservé. Les tampons pathologiquement déformés qui abondent à Reuver n'ont pas été trouvés au Pont-de-Gail.

M. beaniana et *M. Veitchiorum*, les deux espèces actuelles qui s'en rapprochent le plus, font, l'une et l'autre, partie de la flore chinoise.

VITACÉES : *VITIS LANATA* ROXB.

Trois échantillons en parfait état et plusieurs fragments sont venus s'ajouter à la précédente récolte. Un des échantillons intacts n'est pas aplati. Il concorde, dans tous ses détails, avec les graines de *V. lanata*, à ceci près que la dépression dorsale, au-dessous de la chalaze, est légèrement plus marquée. Dans d'autres spécimens, cette dépression fait défaut, ce qui les rapproche de la forme vivante (10). — Longueur de l'échantillon non écrasé : 3,5 mm. ; largeur : 2,5 mm.

VITIS THUNBERGII SIEB. et ZUCC.

PL. XI, FIG. 3, 4.

Un échantillon intact, mais accidentellement brisé en travers après avoir été décrit, arrondi, pointu à la base, mais non stipité comme chez *V. lanata*, probablement la graine d'une baie qui en renfermait trois ; extérieur de la chalaze plus largement ovale que chez *V. lanata*, canal du raphé plus profond et plus large, raphé plus épais. Dépressions ventrales allongées, profondes, renflées vers la côte médiane ; tégument externe beaucoup plus rugueux que chez *V. lanata*, avec de grossières rides transversales ; tégument interne plus grossièrement ponctué. — Longueur : 3,25 mm. ; largeur : 3,1 mm.

Lorsque j'ai comparé le fossile avec des graines de *V. Thunbergii* de ma collection, et provenant de Yokohama, j'ai hésité à y voir une variété de cette espèce ; en effet, dans les graines de l'espèce vivante, les dépressions ventrales ne se renflent pas vers la côte médiane et ces graines sont brièvement stipitées et un peu plus grandes. Mais, dans l'herbier de Kew, bien que la plupart des échantillons qu'il renferme concordent avec ceux de Yokohama, j'en ai trouvé, provenant de Formose, qui montrent les dépressions ventrales convexes et la base pointue visibles dans le fossile. D'autres graines du Japon permettent de constater que le fossile concorde bien avec les limites de taille entre lesquelles oscillent les graines en question. C'est pourquoi il me paraît impossible de séparer le fossile de l'actuel *V. Thunbergii*, plante de la Corée, du Japon et de Formose.

Dans son étude sur la flore de la Mougudo (3, p. 210-217), M. Laurent décrit un spécimen de *V. subintegra* SAP. et cite le passage suivant de Saporta : « Cette vigne est assimilable, par la forme et l'aspect gaufré de ses feuilles, au *V. amurensis*, ainsi qu'aux formes entières au *V. Thunbergii* SIEB. et ZUCC., et même au *V. lanata* ROXB. » Après un examen détaillé des formes vivantes et fossiles, M. Laurent arrive à la même conclusion que Saporta, à savoir que *V. subintegra* se rapporte probablement aux Vignes japonaises ci-dessus mentionnées plutôt qu'à l'espèce européenne, *V. vinifera* ou à l'espèce américaine *V. labrusca* étroitement alliée à *V. Thunbergii*. *V. Thunbergii*, qui avait d'abord été considéré comme une simple variété de *V. labrusca*, a été depuis érigée au rang d'espèce distincte.

En ce qui touche cette conclusion, il est intéressant de noter que le Pont-de-Gail a fourni les graines des deux espèces japonaises, *V. lanata* et *V. Thunbergii* desquelles Saporta rappro-

chait l'espèce fossile de la Mougudo. Il ne semble pas impossible que Saporta ait inscrit sous le même nom unique de *V. subintegra* des feuilles se rapportant à chacune des deux espèces vivantes.

En ce qui touche la discussion instaurée par Saporta et M. Laurent sur les rapports de *V. subintegra* avec *V. vinifera*, je ferai observer que j'ai dans mon premier mémoire, noté ceci : par les dépressions ventrales courbées vers l'extérieur de ses graines, *V. Thunbergii* ressemble à *V. vinifera* ; mais c'est le seul caractère commun. Et c'est seulement après avoir trouvé ce caractère sur les spécimens de Formose que j'ai pu ranger le fossile du Pont-de-Gail dans cette dernière espèce.

VITIS NODULOSA n. sp.

PL. XI, FIG. 5, 6.

Semina quaterni ; quidque anguste obovatum, circa chalazam externam et concavos angustos ventrales conspicue lobatum vel nodulare.

Graine petite, l'une des quatre renfermées dans la baie, étroitement obovée, se terminant en pointe à la base, bord ventral formant un angle droit, nettement noueuse, ou lobée aux faces dorsale et ventrale ; partie externe de la chalaze linéaire, enfoncée entre les lobes, se terminant au raphé et à peine plus large que lui ; dépressions ventrales profondes et étroites, plus ou moins masquées par les lobes, arrondies vers le haut, linéaires vers le bas ; côte ventrale plus large en haut qu'en bas, légèrement dichotome ; cellules de la surface petites, irrégulièrement polygonales, portant l'empreinte du réseau large du tégument externe. — Longueur : 3,75 mm. ; largeur ; 1,9 mm.

Cette très belle graine paraît plus étroitement apparentée à *V. orientalis* qu'à aucune autre espèce vivante. Mais il n'en existe pas moins des différences très marquées. La graine fossile ressemble à l'actuelle par sa lobation, par sa base cunéiforme, par la structure de ses téguments interne et externe, bien que, dans le fossile, les cellules de ceux-ci soient de plus petite taille. Mais, malgré les recherches spéciales que j'ai faites dans ce but, il m'a été impossible de trouver un seul exemplaire de *V. orientalis* à quatre graines. La baie paraît être toujours à 2 ou 3 graines, par suite de quoi, lorsqu'on la regarde par en haut à l'état sec, elle montre toujours 2 ou 3 lobes. La baie fossile devait être ronde et d'un plus petit diamètre. Les graines de *V. orientalis* sont beaucoup plus larges, par rapport à leur longueur que celle du fossile. Elles ont, en moyenne 4,5 mm. dans leurs deux diamètres. Leur chalaze est ronde et saillante, non enfoncée et linéaire.

Le gisement de Reuver a livré deux graines qui ressemblent étroitement à celles de *V. orientalis* ; peut-être pourrait-on les rattacher à cette espèce, à titre de variété. Le spécimen du Pont-de-Gail diffère des graines de Reuver de la même façon que de celles de *V. orientalis*. A part celles de Reuver, la seule graine fossile qui paraisse tant soit peu comparable à *V. orientalis* est le *V. pliocenica* KINKELIN, mais cette graine est beaucoup plus grande et sa forme, ainsi que celle de sa chalaze, sont différentes.

Je ne considère pas la graine du Pont-de-Gail comme très voisine de *V. orientalis*, car, trouverait-on chez cette dernière des baies à 4 graines, où celles-ci montreraient par conséquent un bord ventral à angle droit, leur forme plus élancée et les caractères de la chalaze n'en constitueraient pas moins des différences fortement accentuées.

DILLENIACÉES: ACTINIDIA FAVEOLATA REID

PL. XI, FIG. 7, 8.

Six fragments de graines de cette espèce montrent les dépressions, très accusées, en alvéoles de gâteau de miel, qui caractérisent le testa des graines d'*Actinidia* (fig. 7). A la face interne

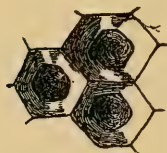


FIG. 7. — *Actinidia faveolata*. Cellules en gâteau de miel, très grossies.

du testa, les bases de ces alvéoles se traduisent par une mosaïque de proéminences carrées. Le testa a une tendance à se rompre le long de ces petites bosses. Deux fragments montrent le contact du hile et du micropyle de ces graines campylotropes.

L'aspect variolé de la graine du Pont-de-Gail concorde avec celui de l'espèce fossile de Reuver, *A. faveolata* REID (9) et est plus fin que dans aucune des espèces vivantes que j'ai vues dans l'herbier de Kew, où le genre est bien représenté. En prolongeant la courbe du fragment, on constate de même que, lorsqu'elle était entière, la graine devait concorder comme dimensions, avec *A. faveolata*. Un fragment montre une forme plus arrondie et une glyptique de surface plus fine que celles des autres, différence également constatée dans les fossiles de Reuver, chez lesquels, cependant, des formes de transition existent entre les deux types extrêmes.

Eu égard à la découverte, par Miss M. E. J. Chandler, d'un *Actinidia* beaucoup plus ancien, dans l'Éocène supérieur de Hordle (Hampshire), chez lequel la mosaïque de la face interne du testa est peu nette, il est intéressant de noter que certains échantillons du Pont-de-Gail montrent le même caractère sur

certains points, alors qu'il échappe sur d'autres, par suite de l'adhérence de l'endoplèvre. J'ai constaté parfois la même chose dans certaines graines de *A. melanandra* FRANCH.

GUTTIFÈRES : *HYPERICUM CANIALENSE* n. sp.

Pl. XI, FIG. 9.

Semen ovoideum, leviter stipitatum, apiculatum, foveis profundis transverse multum elongatis in ordines 10 instructum.

Graine ovoïde (aplatie par pression), légèrement stipitée et apiculée, ornée de 10 rangées de profondes dépressions, très dilatées transversalement et dont la largeur, par rapport à la longueur est dans la proportion de 2 à 1 ou de 5 à 2. Ces dépressions donnent à la surface une apparence scalariforme. Les débris d'un tégument externe montrent de petites dépressions hexagonales et isodiamétrales. — Longueur : 1,25 mm. ; largeur : 0,75 mm.

L'herbier de Kew renferme *H. Drummondii* TORR. et GRAY, du centre et du Sud des États-Unis et *H. canadense*, du même pays et du Canada. Les graines de l'une et de l'autre espèce montrent des dépressions semblables, mais plus grandes et moins larges. Ces deux espèces appartiennent à la subdivision *Spachium* R. KELLER, de la section *Brathys* SPACH. La forme des dépressions y est très particulière ; je ne l'ai retrouvée dans aucune autre section. La subdivision en question est particulièrement bien représentée, à travers l'Amérique du Nord et du Sud, le long des Montagnes Rocheuses et des Andes et à travers l'Asie orientale et l'Australie, mais on la trouve aussi sporadiquement dans le Sud et l'Ouest de l'Afrique.

Il est probable que c'est à cette subdivision du genre que doit être rapportée l'espèce du Pont-de-Gail.

Trois échantillons, dont deux intacts, l'un d'eux éclaté à l'extrémité, plus deux grands fragments.

Un échantillon unique de Reuver (9. — *Hypericum*, sp. 5) appartient probablement aussi à la même espèce. Il est plus petit (longueur : 1 mm. ; largeur : 0,5 mm.) ainsi que les dépressions de sa surface qui sont, en outre, moins profondes, plus régulières et plus nombreux.

MYRTACÉES : *CALOTHAMNUS* sp. ?

Pl. XI, FIG. 10, 11.

Graine linéaire, droite, légèrement arrondie au sommet et lobée près de la base, aplatie, substipitée ; hile circulaire, basal ; testa densément et irrégulièrement tuberculé ; tubercules

renflés, à demi-transparents près de la marge, brillants, allongés longitudinalement, enchevêtrés et donnant au testa une apparence noueuse et rugueuse. Longueur : 2,7 mm. ; largeur : 0,5 mm.

La taille et la forme de cette graine, la position et l'aspect du hile et les caractères de la surface du testa concordent d'une façon générale et très étroite avec les graines de divers genres de Myrtacées appartenant à la section des Leptospermoïdées. Le genre le plus voisin, autant que j'aie pu m'en assurer, est le genre *Calothamnus*. Ma collection n'est pas riche en Myrtacées, ce qui m'a rendu difficile l'étude des graines de cette section. Je n'ai pas réussi à appareiller le fossile avec une forme vivante, mais les graines de *Calothamnus homalophyllus* n'en diffèrent qu'à un certain degré. Elles sont en général plus larges et plus courtes, mais j'y ai trouvé le même sommet arrondi, la même base stipitée et lobée, la même forme de hile, la même surface noueuse et rugueuse, mais bien plus rude ; et, dans ces graines anatropes, le raphé court le long d'un mince et étroit bourrelet marginal, caractère visible sur le fossile, le long de son bord rectiligne.

Eu égard à cette similitude de structure, telle que je n'ai pas réussi à en trouver de plus concordantes dans d'autres familles, il me paraît probable que la graine en question appartient à la section des Leptospermoïdées, de la famille des Myrtacées, et peut-être à *Calothamnus*, genre australien.

HALORAGACÉES : *MYRIOPHYLLUM CYLINDRICUM* E. M. REID

Deux nouveaux échantillons complets, absolument semblables à ceux qui ont été décrits en 1920.

ARALIACÉES : *ACANTHOPANAX REHDERIANUS* HARMS ?

PL. XI, FIG. 12,

Endocarpe presque en croissant, plat, très mince, lisse ; micropyle apical sur la face ventrale. Surface sculptée de fines stries serrées, enchevêtrées, dont la direction générale est transverse ; à la face externe, quelques spécimens montrent un tégument à texture lâche.

Deux échantillons complets et plusieurs grands fragments. Les mensurations des échantillons complets donnent :

Longueur : 4,6 mm. ; largeur : 3 mm.

— 4,2 mm. ; — 2,6 mm.

Les caractères de cet endocarpe le placent, sans doute possible, dans la famille des Araliacées. J'ai fait, dans l'herbier de

Kew, une étude aussi poussée que possible des endocarpes d'Araliacées et j'ai constaté que ceux d'*A. Rehderianus* HARMS correspondent au fossile à tous points de vue, à ceci près qu'ils sont plus régulièrement en forme du croissant. Je ne puis affirmer que cette différence se serait montrée constante entre deux séries de graines, les unes fossiles, les autres vivantes, car je n'ai vu que deux graines fossiles intactes et un seul fruit de la forme vivante. Dans ces conditions, j'ai dû tenir compte de la différence en question, bien qu'elle soit légère. Et c'est pourquoi je n'ai rattaché l'espèce fossile à l'espèce vivante qu'avec un point de doute.

Acanthopanax Rehderianus HARMS appartient à la sous-section *Euacanthopanax* HARMS. M. E. H. Wilson le décrit comme une plante grimpante et l'a trouvé, à 1 200 m. d'altitude dans le Séchouan oriental, en Chine. Le Dr Auguste Henry le décrit comme un petit arbrisseau d'un mètre de haut, poussant dans la province chinoise d'Houpé. Ses fruits sont plus petits (5 mm. de diamètre) que ceux d'une espèce très voisine, *A. Wilsonii* HARMS (6-7 mm. de diamètre).

ARALIA TOMSONI SEEM.

PL. XI, FIG. 13.

Endocarpes en croissant, aplatis, rugueux, portant environ 3 côtes fortes, irrégulières, longitudinales, sur l'étroite face dorsale; glyptique de la surface formée de fines stries transversales, filiformes et disposées en lignes onduleuses, plus ou moins parallèles.

Longueur : de 2,75 mm. à 3 mm.; largeur : de 1,5 mm. à 1,2 mm.

Cette structure correspond à celle des graines de certaines espèces d'*Aralia*. Les variations dans la taille des graines concordent avec ce que montrent les espèces vivantes. Les endocarpes fossiles ne diffèrent en rien de ceux d'*A. Tomsoni* SEEM. C'est pourquoi je les ai attribués à cette espèce.

A. Tomsoni est un arbrisseau himalayen de 4 m. de haut.

OMBELLIFÈRES

PL. XI, FIG. 14.

Plusieurs grands fragments de mésocarpe appartiennent à une espèce de la famille des Ombellifères; mais aucun ne se montre complet en travers, ce qui empêche de se rendre entiè-



FIG. 8. — MÉRICARPE D'OMBELLIFÈRE. Genre inconnu. Face dorsale. $\times 7 \frac{1}{2}$.

rement compte de l'aspect du fruit intact. Il vaut mieux, dans ces conditions, ajourner la description de cette espèce, dans l'espoir que de nouvelles recherches livreront un spécimen complet (fig. 8).

CORNACÉES : CORNUS sp.

PL. XI, FIG. 15.

Baie biloculaire, une graine dans chaque loge, subglobuleuse, à symétrie bilatérale, légèrement aplatie perpendiculairement à la cloison, qui est ligneuse, plate et circulaire et correspond, à l'extérieur, au bord épaissi de la baie; parois épaisses et ligneuses, à surface externe effritée et formée de petites cellules hexagonales; loges peu profondes, circulaires, tapissées par l'endosperme, noir et lustré, très effrité et composé de cellules de forme très irrégulière, isodiamétrales vers le centre, mais allongées à la périphérie, où leurs parois sont ponctuées; au milieu de l'endosperme gisent les débris de l'embryon, qui montrent une fine striation longitudinale. — Diamètre de la baie : 4,25 mm.; diamètre de la loge : 3 mm.

La baie était intacte lorsque je l'ai reçue. Sa symétrie bilatérale et son fort épaississement marginal me firent pressentir qu'elle était biloculaire. J'ai eu la bonne fortune de pouvoir ouvrir une des loges et de mettre ainsi à jour l'embryon, reposant à l'intérieur des débris de l'endosperme, conformément à la description ci-dessus. En continuant à briser les restes de la baie, j'ai découvert la seconde loge, contenant, elle aussi, une graine placée dos à dos avec la première et séparée d'elle par une cloison ligneuse.

Les caractères de cette baie concordent pleinement avec celles du genre *Cornus* et laissent peu de doute sur leur parenté.

Le fossile correspond évidemment aux espèces à endocarpe rond et laisse peu de doute sur sa place taxonomique. Il est trop petit pour pouvoir être rapporté à *C. sanguinea* et ne pourrait être rattaché qu'aux plus petits spécimens des espèces ayant les baies les plus petites, telles que *C. candidissima* et *C. pauciner-vis*. Les parois de ses graines sont plutôt minces, et, à ce point de vue, parmi les espèces dont j'ai pu examiner les baies en coupes, c'est de *C. amomum* qu'il se rapproche le plus. Sans avoir l'endocarpe libre de la baie, il est impossible de le déterminer, mais, d'après ce qu'on en voit, le fossile paraît appartenir à la sous-section *Amblycaryum* KOEHNE, de la section *Thelycrania* ENDL., section surtout représentée dans l'Amérique du Nord, le Japon, la Chine et l'Himalaya.

PRIMULACÉES : PRIMULA sp. (P. VERIS ? L.)

PL. XI, FIG. 16.

Graine subdiscoïde (aplatie par compression ?) ; face dorsale légèrement convexe ; face ventrale sillonnée ; montrant une dépression, probablement le hile, au centre du sillon ; surface rude, alvéolée par ce qu'il y reste de dépressions en forme de cellules de gâteau de miel. — Diamètre : 1,7 millimètre.

La forme de la graine, les caractères du testa sont en harmonie avec les graines de nombreuses Primulacées, et particulièrement du genre *Primula*. Comme contour et dimensions, elle peut être rapprochée de *P. veris* L. ; mais sa surface a été trop rabotée, trop abîmée pour permettre une comparaison détaillée. Les graines de *P. veris*, comme celles du fossile, sont de grande taille.

P. veris est une espèce d'Europe et de Sibérie.

SYMPLOCACÉES : SYMPLOCOS JUGATA E. M. REID ?

Un grand fragment, brisé au sommet, et deux petits fragments paraissent appartenir à cette espèce (10). Tous trois sont très mal conservés. Après avoir été soigneusement nettoyé à son extrémité brisée, le plus grand a montré nettement trois loges, dont une complètement développée, une autre moins, la troisième presque oblitérée.

SYMPLOCOS MICROCARPA E. M. REID

Deux nouveaux exemplaires de cette espèce. L'un très beau, intact, concorde à peu près complètement avec le type, dont il ne diffère que par une largeur légèrement plus grande (10). Il montre très clairement la cicatrice basale, arrondie de l'attache et le sommet trilobé, avec le tampon apical en place. — Longueur : 3,5 mm. ; largeur : 2,25 mm.

Le second spécimen est plus petit (longueur : 2,8 mm. ; largeur : 1,75 mm.) et moins bien conservé, mais, dans son ensemble, il concorde avec le type et doit être rangé dans l'espèce en question. Il est légèrement brisé au sommet et le tampon du micropyle a disparu, permettant ainsi de constater très clairement que l'échantillon était triloculaire. Une des loges est complètement développée ; les deux autres ont avorté. Les cloisons sont épaisses et montrent des couches de deux couleurs, une interne, épaisse, d'un brun clair, une externe, plus mince, d'un brun foncé. Les deux échantillons présentent la légère courbure décrite dans la diagnose du type.

SYMPLOCOS n. sp.

PL. XI, FIG. 17.

Un endocarpe globuleux (légèrement aplati par compression dans le sens basi-ventral) montre, à l'une de ses extrémités l'ouverture trilobée du sommet, semblable à celle qui est visible dans la figure accompagnant le texte, mais avec des lobes plus profondément marqués. A l'autre extrémité existe une petite cicatrice circulaire et déprimée, qui correspond au point d'attache de l'organe. La surface est lisse et couverte de très fines stries irrégulières et enchevêtrées. *S. aburni* a des endocarpes de la même taille que ceux du fossile et *S. ophirensis*, espèce malaise (fig. dans le texte) montre une ouverture semblable. La forme de cette ouverture est très particulière : d'autres espèces montrent des lobes de la même forme ; mais ce n'est que dans *S. ophirensis* et dans le fossile en question que l'endocarpe lui-même est lobé de telle façon que les saillies des lobes se projettent dans les cloisons des loges. Ces saillies sont plus marquées chez le fossile que chez *S. ophirensis*, — Diamètre : 4,5 mm.

Cette espèce est distincte de celles qui ont été précédemment décrites. Mais, le fossile étant déformé, je ne lui ai pas imposé de nom spécifique. J'espère pouvoir le faire un jour, à l'aide d'un échantillon intact.

BORRAGINACÉES : EHRETIA EUROPEA sp. n. (cf. E. ACUMINATA R. BR.)

PL. XI, FIG. 18, 19, 20.

Endocarpium parvum basi apiceque lobatum, biloculare (vel interdum uniloculare ?) cetera endocarpiis E. acuminatæ simile.

Endocarpe bi (ou, dans un spécimen, mono ?)-loculaire (fig. 9) la place de la cloison étant marquée à l'extérieur, à la face dorsale, par une rainure longitudinale et médiane et par une lobation



FIG. 9. — *Ehretia europæa*. — Coupe transversale d'un endocarpe biloculaire. — Très grossi.

aux deux extrémités ; face dorsale convexe, nettement marquée de quelques grandes dépressions éparses, séparées par des saillies arrondies ; face ventrale plate ou concave, avec, près du sommet, deux ouvertures hilaires latérales, arquées, linéaires, en forme de bouches, correspondant chacune à une loge ; cloisons épaisses, dures, ligneuses, formées de tissu parenchymateux, lisses et brillantes à la face interne et ridées au sommet (je n'ai pas vu la base) de délicates stries filiformes, alignées transversalement à l'ouverture hilaire.

Tégument de la graine d'un brun clair à cellules bordées par

des cloisons épaisses, contournées et proéminentes (fig. 10). — Longueur : variant de 2,75 mm. à 1,6 mm. ; largeur : variant de 1,8 mm. à 1,25 mm.

6 échantillons. L'un d'eux, plus long et plus étroit que les autres, est monoloculaire ; mais comme, pour le reste il concorde avec eux, et en conséquence des observations exposées ci-dessous, je ne puis en faire une espèce à part.

La concordance de ces endocarpes avec ceux d'*Ehretia* est très frappante. Chez ces derniers, nous retrouvons la même forme, le même tissu ligneux, les mêmes deux loges lobées aux extrémités, la même surface dorsale creusée d'alvéoles profondes avec son sillon médian, la même structure cellulaire des parois, le même tégument finement strié de l'endocarpe, avec stries transversales, comme dans le fossile, la même ouverture hilaire, située à la même place, enfin les mêmes caractères du testa. Il ne peut y avoir aucun doute que le fossile appartient au genre *Ehretia*. Sa plus grande ressemblance est avec *E. acuminata* R. BR. Par la forme et d'autres caractères, il y a identité ; mais la taille moyenne des endocarpes d'*E. acuminata* est plus grande ; et je n'ai pas trouvé, dans cette dernière espèce, la même tendance, chez les loges, à présenter un développement intégral et, par suite, celle des endocarpes à devenir asymétriques par rapport à la rainure dorsale. Ce dernier caractère peut tenir au fait que le repli de la feuille carpellaire s'est opéré irrégulièrement ; mais, étant bien obligée d'en tenir compte, comme d'un fait, et considérant, de par ailleurs, la très grande différence de taille signalée ci-dessous, j'ai cru préférable de faire du fossile une espèce distincte.

Les plus grands fruits d'*E. acuminata* que j'ai vus à Kew provenaient de Banking (Formose). Ils mesurent 5,5 mm. Les baies mûres de la province de Kwangtung (Chine) mesurent 4,5 mm., l'endocarpe ayant 3,5 mm. de long et 3 mm. de large. Les baies de Formose et du Houpé occidental ont 4 mm. de long et 3,5 mm. de large, les endocarpes du Houpé occidental ayant de 3,25 mm. à 3 mm. de long, avec une largeur correspondante. Sur un bel exemplaire d'Ichang (Chine), les baies mesurent de 3,5 mm. à 2,75 mm. de long. Sur un second exemplaire de la même localité, dont les baies sont soit avortées, soit incomplètement mûres, elles mesurent 2,5 mm. à 1,75 mm. Un endocarpe appartenant à une graine du même paquet et détachée

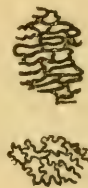


FIG. 10. — CEL-
LULES DU TÉGU-
MENT DE LA
GRAINE.

EN HAUT : *Ehretia europæa* ;
EN BAS : *Ehretia acuminata*, ac-
tuel.

de la même grappe, je le crois, a 1,75 mm. de long sur 1,5 mm. de large. Cet endocarpe a des parois lignifiées et il est à remarquer qu'il s'était spontanément fendu en quatre valves uniloculaires.

Ehretia acuminata est un petit arbre rameux de 5 à 12 m. de haut. On les trouve dans les montagnes de la Chine occidentale, jusqu'à 2 300 m. d'altitude et il croît dans différentes parties de la Chine, du Japon, de l'Himalaya, de la péninsule malaise, de Formose, des Philippines et de Java.

EHRETIA CANTALENSIS n. sp.

PL. XI, FIG. 21.

Endocarpium biloculare, semi-ellipsoideum, haud lobatum, foveis profundis ornatum.

Endocarpe biloculaire, semi-ellipsoïde (légèrement brisé auprès de chacune des ouvertures hilaires) ; face dorsale convexe, avec une rainure médiane et longitudinale, nettement ornée de fossettes profondes, allongées longitudinalement, non lobé à l'extrémité intacte ; face ventrale à concavité médiane, profonde, et ouvertures hilaires arquées, linéaires, basi-latérales ; parois très épaisses, formées de tissu parenchymateux ; surface interne lisse et luisante, avec délicates stries filiformes alignées à angle droit des ouvertures hilaires ; loges tubulaires. — Longueur : 3,25 mm. ; largeur : 1,7 mm.

Un exemplaire.

Bien que légèrement brisé, il est si beau, tous ses caractères sont si nettement observables et concordent si étroitement avec ceux du genre *Ehretia* que je n'ai pas hésité à lui donner un nom spécifique. Nonobstant la cassure située au voisinage des ouvertures hilaires (laquelle peut être due à la germination), les extrémités progressivement atténuées de ces ouvertures sont clairement visibles et on peut, d'après leur courbe, reconstituer leur forme primitive. Il est à peu près impossible de douter qu'il s'agisse d'un *Ehretia*. Je n'ai pas trouvé de spécimen aussi allongé, appartenant à une espèce vivante. Mais une différence de cet ordre n'est pas suffisante pour empêcher l'attribution du fossile à ce genre. Le caractère en question tendrait à faire croire que la baie était allongée et non globuleuse. Le cas est constant dans d'autres genres, tels que *Cornus* et *Prunus*.

VERBÉNACÉES ; CLERODENDRON *sp.* (cf. *C. SERRATUM* SPRENG.)

PL. XI, FIG. 22.

Plusieurs grands fragments appartiennent à un endocarpe

osseux, à base obconique. Ils montrent un très curieux enroulement de la cloison sur elle-même, comparable à une feuille de papier enroulée en forme de cornet. Le recouvrement d'un bord par l'autre paraît avoir égalé le quart de la circonférence. Le cône étant renversé, son extrémité étroite ou base est tronquée et montre une grande ouverture basilaire se prolongeant vers le haut, le long de la ligne de recouvrement des deux bords du cornet, comme se présenterait un cône de papier dont on aurait tronqué la pointe. Face externe lisse, finement ponctuée; face interne à cellules polygonales ou hexagonales; cloisons épaisses, montrant, sur les fractures, une structure noduleuse, formée de deux téguments, un externe, noir, et un interne, d'un brun clair. Le meilleur échantillon, dans lequel l'endocarpe a baillé, mais sans se dérouler, montre les débris du testa, strié longitudinalement et formé de cellules quadrilatérales avec des parois latérales épaissies.

Les caractères de ces endocarpes les placent dans le genre *Clerodendron*. Dans les endocarpes de ce genre, on observe le même curieux enroulement de la cloison qui, chez *C. inerma*, s'étend à la moitié de la circonférence de l'organe; on observe les mêmes cloisons ligneuses, formées de deux couches, une externe noire et une interne plus claire, montrant sur les cassures la même structure noduleuse; la structure de l'intérieur de l'endocarpe et le testa concordent également. La plupart des espèces de *Clerodendron* ont des endocarpes nettement veinés en réseau sur le dos. Mais *C. serratum* SPRENG fait exception. La surface de l'endocarpe y est lisse, comme dans le fossile (fig. 11). Aussi loin que j'ai pu pousser mes investigations, la ressemblance du fossile avec cette espèce est si étroite que les deux n'en font peut-être qu'une. Mais les spécimens fossiles sont incomplets. Tous sont brisés en travers à la moitié de leur longueur. La moitié supérieure, en forme de dôme, manque ou est si écrasée qu'on ne peut en reconnaître la forme. C'est pourquoi il serait imprudent de pousser trop loin la détermination. Il vaut la peine de noter que les endocarpes de *C. serratum* ont une tendance à se briser en travers, exactement comme c'est le cas chez le fossile, et cela selon la ligne où la base conique, avec son cornet, passe à l'apex en forme de dôme.

Clerodendron serratum est un arbrisseau de 3 m. de haut qu'on rencontre dans les forêts montagneuses de la Chine (Yun-



FIG. 11. — *Clerodendron serratum*. — Endocarpe, face ventrale. — $\times 5$.

nan) à l'altitude de 1200 m. *Clerodendron serratifolium* FRIED. a été signalé par Friedrich dans l'Oligocène de la Saxe (1).

LABIÉES : AMETHYSTEA COERULEA LINN.

PL. XI, FIG. 23, 24.

Nucelle obové ; face dorsale convexe, face ventrale portant une large ouverture, subovale, asymétrique sur les deux tiers de son étendue, ouverture dans laquelle se trouve un tampon circulaire (ou les débris d'une graine ?) ; surface finement variolée et fortement, nettement veinée en réseau, celui-ci allongé vers la base de façon à former 5 côtes. — Longueur : 1,8 mm. ; largeur : 1,25 mm.

Le nucelle est légèrement brisé d'un côté, mais en prolongeant la courbe on reconstitue clairement la forme originelle et une comparaison soigneuse de la symétrie de la partie antérieure et de la partie postérieure de la graine permet de constater que la large ouverture ventrale avait une forme asymétrique. Les caractères généraux de ce nucelle le placent dans la section des Ajugoïdées et ceux de la réticulation superficielle dans la sous-section des Ajugées. Dans cette sous-section, le genre dont le nucelle montre une ouverture asymétrique est le genre *Amethystea*, genre monotype. J'ai comparé le fossile tant avec les graines d'*Amethystea coerulea* de ma collection qu'avec celles de l'herbier de Kew. La concordance est exacte.

Cette espèce habite l'Asie occidentale et orientale, mais plus particulière cette dernière. En Chine et au Japon, on la signale à 2800 m. d'altitude.

J'ai le regret de constater que ce bel échantillon a été accidentellement brisé après que j'en ai eu rédigé la description.

LYCOPUS (ANTIQUUS E. M. REID ?)

PL. XI, FIG. 25.

Nucelle obové, légèrement aplati en direction dorso-ventrale (aplatissement augmenté par la fossilisation), finement et élégamment orné de fossettes allongées à parois verticales épaissies, donnant l'impression de vagues stries discontinues ; cicatrice d'attache ovale, grande, à la base de la face ventrale. — Longueur : 0,8 mm. ; largeur : 0,5 mm.

La forme et les caractères de ce nucelle se retrouvent dans le genre *Lycopus*, auquel il me paraît devoir être attribué malgré la disparition de toute trace de sa marge subéreuse. La plupart du temps, quand il s'agit de nucelles fossiles de ce genre, la marge est rompue plus ou moins complètement, si bien qu'il

n'est pas rare de trouver des nucelles qui en sont dépourvus. La dimension du fossile correspond à la taille apparente des nucelles de *Lycopus antiquus* E. M. REID, et il appartient probablement à cette espèce. Mais, faute de pouvoir comparer les marges subéreuses, je ne puis rien affirmer.

Je suis arrivée à cette conclusion que je me suis trompée en rapportant les organes décrits en 1920 (10, p. 78, pl. IV, fig. 15, 16) au genre *Lycopus*. Ce sont des valves germinatives de *Diclidocarya* détachées de la graine.

GALEOPSIS sp. ?

PL. XI, FIG. 26.

Nucelle obové, tronqué à la base, fortement anguleux à la face ventrale jusqu'à environ 0,3 mm. du sommet; cicatrice d'attache basale; endocarpe dur et épais; surface marquée de très petites cellules polygonales, irrégulières, dont les parois latérales sont plus épaisses que les parois terminales, de façon à produire une surface finement rugueuse, avec striation irrégulière, sinueuse et longitudinale; tégument externe formé de dépressions étroites, irrégulières et hexagonales. — Longueur : 1,7 mm.; largeur : 1,25 mm.

Le genre à nucelles qui ressemble le plus au fossile est le genre *Galeopsis*. Dans aucune autre je n'ai trouvé la forme ovée et la base tronquée. De même, la structure cellulaire du fossile s'accorde avec ce qu'on voit dans ce genre. Il n'en existe pas moins des différences. Dans la plupart des espèces, la base est tronquée obliquement et l'attache est sub-basale. Toutefois, *G. Ladanum* LINN. fait exception. Dans cette espèce, la base et l'attache sont pareilles à celles du fossile. Mais, pour le reste, les nucelles de *G. Ladanum* diffèrent : ils sont plus grands. Je n'ai vu aucun nucelle d'espèce vivante aussi petit que celui du fossile.

SOLANÉES : *SOLANUM DULCAMARA* LINN. (var. ?)

PL. XI, FIG. 27.

Graine régulièrement ovée. plate; glyptique et attache comme chez *S. Dulcamara*. — Longueur : 1,75 mm.; largeur : 1,25 mm.
2 graines.

Les deux sont plutôt plus petites que la taille moyenne de celles de l'espèce, mais on en trouve d'aussi petites. Elles sont plus étroitement ovales qu'aucun des spécimens de *S. Dulcamara* que j'ai vus, quoique une graine de ma collection s'en rapproche comme forme. La glyptique ressemble à celle de *S. Dulcamara* plus qu'à celle d'aucune autre espèce que je connaisse. C'est probablement une variété du type.

HYOSCYAMUS NIGER LINN.

PL. XI, FIG. 28.

Graine ronde (fortement aplatie par compression), surface couverte de grandes dépressions, profondes, irrégulières, en alvéoles de rayon de miel, à rebords fortement crénelés ; au-dessus du raphé marginal, les dépressions sont beaucoup plus petites et allongées ; hile et micropyle adjacents, marginaux. — Diamètre 1,25 mm.

1 graine.

Il est impossible de distinguer cette graine des petites graines de *H. niger* LINN.

L'espèce en question s'étend à travers l'Europe (excepté le Nord) et l'Asie occidentale, jusqu'aux Indes et au Nord de l'Afrique.

CAPRIFOLIACÉES : *SAMBUCUS PULCHELLA* REID

22 nouveaux exemplaires de cette espèce ont été trouvés. Ils concordent complètement avec ceux de Reuver (9).

CUCURBITACÉES : *TRICHOSANTHES FRAGILIS* E. M. REID

Un grand fragment de graine appartient à cette espèce. Le tégument externe, spongieux, est, jusqu'à un certain point, décomposé et s'est, en quelques endroits, séparé du tégument interne, plus dur, donnant ainsi à la graine une apparence trompeuse d'être ailée.

DICLIDOCARYA.

Une correction s'impose dans la diagnose générique : le nucelle est, non campylotrope, mais anatrophe.

DICLIDOCARYA GIBBOSA E. M. REID

Les nuelles de cette espèce ont été trouvés de nouveau, et en très grande abondance.

DICLIDOCARYA GLOBOSA n. sp.

PL. XI, FIG. 29.

Parmi les très nombreux nuelles de *Diclidocarya* récemment trouvés, environ un quart ou un cinquième appartient à l'espèce qui n'était connue, jusqu'ici, que du Pliocène hollandais de Tegelen et de Reuver et du Pliocène belge de Raeveld (7). Les premiers spécimens figurés provenaient de Tegelen (6, fig. 121).

L'espèce fut de nouveau figurée et complètement décrite d'après les spécimens de Reuver (9, p. 112, 113, pl. xi, fig. 18). Elle fut alors, mais avec doute, rapportée au genre *Stocksia*. Pour les raisons que j'ai exposées (10, p. 81) j'ai retranché l'espèce fossile du genre *Stocksia* et l'ai attribuée, ainsi que la précédente, à un genre fossile nouveau, *Diclidocarya*, en attendant la découverte de leurs vrais rapports avec une forme vivante.

Je propose le nom de *D. globosa* pour l'espèce hollandaise et lui rattache les fossiles du Pont-de-Gail.

Nux subglobosa, plana vel ventrali convexa, dorso convexa; superficies dorsali-laterales sæpissime convexæ; murus dorsalis aero-cellulis et aero-coculis præditus.

Longueur : de 1 mm. à 1,4 mm.

Largeur : de 0,9 mm. à 1 mm.

Voici la description originale de l'espèce (*loc. cit.*) :

« Graine petite, subglobuleuse ou présentant de légères facettes, avec une grande valve de germination ayant son sommet au micropyle ; testa épais, dur, avec faibles stries longitudinales et granuleuses ; 3 téguments, un externe, mince, noir, dense ; un moyen, épais, brun, spongieux avec, parfois, de grandes cavités ; un interne, très mince et noir (*tegmen* ?) ; hile garni d'un tampon conique. Dans les échantillons que nous avons pu examiner, l'intérieur du testa ne montre pas nettement l'empreinte de l'embryon. » — Longueur : 1 à 2 mm.

Les seules remarques à ajouter à ce qui précède sont qu'on peut avoir une hésitation à considérer les fossiles soit comme des graines, soit comme des fruits et que, grâce au grand nombre d'échantillons recueillis au Pont-de-Gail, on peut constater que le nucelle est assez variable, ainsi qu'on l'a déjà fait observer. Comme forme, il va de la forme globuleuse à la forme obovoïde ; comme longueur, il varie dans la mesure signalée ci-dessus.

BIBLIOGRAPHIE

1. FRIEDRICH (Paul). Beiträge zur Kenntniss der Tertiärflora der Provinz Sachsen, Berlin, 1883.
2. GOEPPERT, MENGE et CONWENLZ. Die Flora des Bernsteins, Vol. II, Dantzig, 1886.
3. LAURENT (L.). Flore pliocène des Cinérites du Pas-de-la-Mougudo. *Ann. du Mus. d'hist. nat. de Marseille*. — Géol., t. IX, 1904-1905.
4. MARTY (P.). Végétaux fossiles des cinérites pliocènes de Lasclausades, Aurillac, 1905.
5. — Flore miocène de Joursac, Paris, 1903.
6. REID (C. et E. M.). The fossil Flora of Tegelen-sur-Meuse, *Verhand Kon. Akad. v. Wetensch te Amsterdam* (Tweede sectee), deel XIII, N° 6, 1907.
7. — Détermination de l'âge des argiles à brique de Tegelen, Reuver, Ryckevorsel et Raevens. *Bull. Soc. Belge de géol.*, t. XXI, p. 583-590, 1908.
8. — The Lignite of Bovey Tracey. *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond.*, Ser. B. Vol. 201, p. 161-178, 1911.
9. — The Pliocene Floras of the Dutch-Prussian Border. *Meded. v. Rijk sopsporung van Delfstoffen*, N° 6, The Hague, 1915.
10. REID (E. M.). Recherches sur quelques graines pliocènes du Pont-de-Gail. *Bull. Soc. géol. de F.*, 4^e sér., t. XX, p. 48-87, 1920.
11. — Two Preglacial Floras, from Castel Eden, Durham. *Quart. Journ. Geol. Soc. Lond.* Vol. LXXVI. p. 104-61, 1920.

EXPLICATION DES PLANCHES X ET XI.

PLANCHE X.

- Fig. 1. — **Potamogeton** *sp.* 5, endocarpe, $\times 20$.
 2. — **Najas marina**, var. **intermedia**, graine, $\times 10$.
 3. — **Alisma gailensis**, akène, $\times 15$.
 4. — **Betula humilis**, fruit, $\times 15$.
 5. — — *sp.* fruit, $\times 15$.
 6. — **Pilea pumila**, var. **cantalensis**, akène, $\times 20$.
 7. — **Menispermum cantalense**, endocarpe, $\times 6$.
 8. — **Magnolia** *sp.* 1, graine, $\times 5$.
 9. — — *sp.* 1, graine, $\times 5$.
 10. — — *sp.* 3, graine, $\times 5$.
 11. — **Cleomella** *sp.* graine (vue par un côté), $\times 15$.
 12. — — *sp.* même échantillon (vu par l'autre côté), $\times 15$.
 13. — **Cratægus gailensis**, endocarpe, (face dorsale), $\times 10$.
 14. — — — même échantillon (face ventrale), $\times 10$.
 15. — — — **parvicarpa**, endocarpe, $\times 10$.
 16, 17. — — — endocarpe, autre échantillon, faces dorsale et ventrale, $\times 10$.
 18. — — — **angusticarpa**, endocarpe, $\times 10$.
 19. — — — *sp.* endocarpe (face ventrale), $\times 10$.
 20. — **Sorbus expansa** ? graine, $\times 10$.
 21. — **Rubus occidentalis**, endocarpe, $\times 12\frac{1}{2}$.
 22. — — *sp.*, endocarpe, $\times 10$.
 23. — **Prunus venosa**, endocarpe, $\times 5$.

24. — **Phellodendron ornatum**, graine, $\times 10$.
 25. — **Buchanania** *sp.* endocarpe, $\times 10$.
 26. — — *sp.* 2 ? endocarpe (1-loc.), $\times 10$.
 27. — — *sp.* 2 ? endocarpe (2-loc. ?), $\times 10$.

PLANCHE XI.

- FIG. 1. — **Ilex cantalensis**, endocarpe (face centrale), $\times 10$.
 2. — **Meliosma europæa**, moitié d'une graine (face ventrale), $\times 5$.
 3. — **Vitis Thunbergii**, graine (face dorsale), $\times 7\frac{1}{2}$.
 4. — — même échantillon (face ventrale), $\times 7\frac{1}{2}$.
 5. — — **nodulosa**, graine (face dorsale), $\times 7\frac{1}{2}$.
 6. — — même échantillon (face ventrale), $\times 7\frac{1}{2}$.
 7. — **Actinidia faveolata**, graine (face interne, montrant le micropyle et le hile), $\times 10$.
 8. — — graine (face externe, montrant les fossettes en gâteau de miel), $\times 10$.
 FIG. 9. — **Hypericum cantalense**, graine, $\times 20$.
 10. — **Calothamnus** *sp.* ? graine, $\times 20$.
 11. — — tubercules, très grossis.
 12. — **Acanthopanax Rhederianus**, endocarpe, $\times 7\frac{1}{2}$.
 13. — **Aralia Thomsoni**, endocarpe, $\times 7\frac{1}{2}$.
 14. — **Ombellifère** ? *gen. et sp.* (face dorsale), $\times 7\frac{1}{2}$.
 15. — **Cornus** *sp.*, fruit (ouvert, pour montrer la loge), $7\frac{1}{2}$.
 16. — **Primula** *sp.*, graine (face ventrale), $\times 10$.
 17. — **Symplocos** *sp.*, endocarpe (écrasé obliquement, montrant l'extrémité du style), $\times 5$.
 18. — **Ehretia europæa**, endocarpe (face dorsale), $\times 15$.
 19. — — même échantillon (face ventrale), $\times 15$.
 20. — — endocarpe (uniloculaire, face dorsale), $\times 15$.
 21. — — **cantalensis**, endocarpe (face dorsale, uniloculaire, comme le montre la cassure), $\times 10$.
 22. — **Clerodendron** *sp.*, endocarpe (base de la face ventrale), $\times 5$.
 23. — **Amethystea cœrulea**, nucelle (face dorsale), $\times 15$.
 24. — — même échantillon (face ventrale), $\times 15$.
 25. — **Lycopus antiquus** ? nucelle sans sa marge subéreuse (face ventrale), $\times 25$.
 26. — **Galeopsis** *sp.* nucelle (face ventrale), $\times 15$.
 27. — **Solanum dulcamara** (graine), $\times 15$.
 28. — **Hyoscyamus niger** (graine), $\times 15$.
 29. — **Diclidocarya globosa**, nucelle (face ventrale montrant la valve), $\times 15$.

DESSINS DE MISS M. E. J. CHANDLER.

DÉCOUVERTE D'UNE NUMMULITE NOUVELLE
DANS LE MAESTRICHTIEN A BIRADIOLITES DU DÔME
DE CEZAN-LAVARDENS (GERS)
ET ÉTUDE STRATIGRAPHIQUE DU GISEMENT.

PAR **Louis Mengaud** ¹.

Le département du Gers ne présente qu'un seul affleurement de Crétacé supérieur d'étendue d'ailleurs fort restreinte.

Il est indiqué dans la partie sud-ouest de la feuille de Lectoure au fond du vallon suivi par le ruisseau de Colègne (ou « Coulègne », ou « Couligne »), sur les limites des communes de Cézán et Lavardens. Jacquot ² l'a bien décrit et lui assigne environ 1 km. de long de l'Est à l'Ouest entre la « Fontaine Chaude ³ » et la métairie de Bordères. Sa largeur, en direction nord-sud, n'excède guère 200-250 m. et son altitude est comprise entre 110 et 140 m. Il est marqué **c**⁹ sur la feuille de Lectoure.

Ce Crétacé affecte la disposition d'un petit dôme qui vient s'aligner sur le prolongement de l'accident de Roquefort-Créon (Landes) ⁴. On sait qu'il y a là un pli anticlinal de direction armoricaine mais d'âge pyrénéen dont les surélévations d'axe sont marquées par un certain nombre de dômes peu étendus dans lesquels les terrains crétacés apparaissent au milieu des dépôts miocènes du bassin de l'Aquitaine ⁵. Dans les intervalles de

1. Note présentée à la séance du 25 juin 1923.

2. JACQUOT. Description géologique... du département du Gers. 1^{re} partie. In-8° de 158 p. et 1 pl. en couleurs. Paris. Impr. Nationale, 1870. Voir pp. 25-31.

Voir également la notice explicative de la feuille de Lectoure n° 218 publiée en 1881 par Jacquot.

3. Cette source, qui débitait en 1870 plus de 300 mètres cubes par 24 heures, doit son nom plutôt au bouillonnement des gaz qu'elle dégage qu'à sa température (18-19°) ainsi que le fait remarquer Jacquot (*loc. cit.*, p. 137).

4. JACQUOT (*loc. cit.*, p. 27) lui donne le nom de « Protubérance crétacée de Roquefort, Saint Justin, Cézán. »

JACQUOT et RAULIN (Statistique géologique... du département des Landes. Mont-de-Marsan, 1874, pp. 329 et suiv.) l'appellent « Protubérance de Roquefort » et admettent que l'anticlinal peut être suivi sur 80 km. de longueur de Roquefort au vallon de Colègne entre Cézán et Lavardens.

E. FALLOT (Crétacé supérieur du bassin de l'Aquitaine. *B. S. G. F.*, [3], 1892, pp. 350, 359, 363) parle de la « ligne de Roquefort-Créon » et GLANGEAUD adopte la même expression (Étude sur les plissements du Crétacé du bassin de l'Aquitaine. *Bull. Carte géol. Fr.*; t. 11, 1899-1900, pp. 40 et suiv.

5. E. DE MARGERIE et SCHRADER. Aperçu de la structure géologique des Pyrénées. *Ann. Club alpin français*, t. 18, 1891-92, p. 38.

« La seconde [ride pyrénéenne], dirigée, E 21° S environ, coïncide avec les « pointements successifs compris entre Roquefort (Landes) et Lavardens (Gers). ».

ces dômes, en particulier entre Créon et Cézán, l'accident est jalonné par des sources thermo-minérales (Barbotan, Castéra-Verduzan).

Le dôme de Cézán-Lavardens a son axe dirigé E 15° S à W 15° N et les couches plongent vers le SW sous un angle de 26° (Jacquot, *loc. cit.*, p. 26).

La composition lithologique des assises crétacées et les fossiles qu'elles renferment font l'objet d'une description et d'une énumération exacte dans l'ouvrage de Jacquot qui reste fondamental pour l'étude de la géologie du Gers. J'ai moi-même recueilli les dolomies grises cristallines, le calcaire blanc à grain très fin et les « hydroxydes de fer siliceux ». De plus j'ai trouvé par places un calcaire gréseux spathique ressemblant beaucoup au « calcaire nankin » des Petites Pyrénées et, dans quelques fragments de ce calcaire des débris d'Orbitoïdes signalés par Jacquot.

Enfin — et c'est la découverte intéressante — j'ai eu l'heureuse fortune de recueillir des blocs d'un calcaire roux, un peu gréseux *contenant à la fois des Radiolites et des Nummulites*. D'après Jacquot les Radiolites correspondent à *Sphærulites ingens* DES MOULINS 1826 (*Radiolites* D'ORB. ; *Biriadolites* TOUCAS) de l'horizon le plus élevé du Maestrichtien de Royan.

Dans mes échantillons, donnés au Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Toulouse, les Biradiolites *non roulés*, sont empâtés dans un calcaire littéralement pétri de Nummulites associées à d'autres Foraminifères bien moins abondants (Miliolidés, Textularidés, rares Alvéolines). Certains fragments de la roche sont presque exclusivement formés de Nummulites soudées par un ciment calcaire parfois spathique et un peu ferrugineux ; ces Nummulites sont de très petite taille, leur diamètre équatorial étant compris entre 0 mm. 3 et 0 mm. 9. De l'examen attentif auquel elles ont été soumises et de l'étude détaillée qu'en a faite M. Astre, il résulte que l'on est en présence d'une espèce nouvelle dont nous n'avons observé nettement que des individus mégasphériques (forme A).

Étant donné l'intérêt de cette trouvaille il me paraît utile de donner la succession que l'on peut relever depuis les bords de la Colègne jusqu'au sommet des collines de Cézán et de Lavardens.

1° (c⁹ de la feuille de Lectoure). Les parties les plus basses du vallon, (110-115 m. d'alt.) couvertes et boisées montrent dans le lit du ruisseau et ses environs immédiats les calcaires dolomitiques, les calcaires blancs à grain fin, les calcaires spathiques roux et les hydroxydes de fer siliceux dont j'ai parlé plus haut.

Les blocs à Biradiolites et Nummulites se trouvent en remontant vers le Sud (alt. 130-135 m.) dans un champ placé à la bordure méridionale de la route qui va de la Fontaine Chaude à Bordères pour se diriger ensuite vers Préchac, Réjaumont, Fleurance.

2° (e³). Au-dessus des couches précédentes on trouve des sables siliceux, ferrugineux, de couleur ocre jaune, à stratification irrégulière avec parties gréseuses et graviers de quartz intercalés.

Rapportés à « l'étage sidérolithique » il est difficile de leur assigner un âge précis en l'absence de tout document paléontologique. Ils dessinent une auréole autour du Crétacé c⁰ et s'enfouissent de tous côtés sous des formations plus récentes.

Tout ce que l'on peut dire sur leur compte c'est qu'on a relevé la présence de sables analogues à la station thermale de Barbotan (commune de Cazaubon, Gers). Divers sondages les ont traversés avant d'atteindre une formation sableuse de l'Éocène inférieur à *Nummulites planulatus* LAMARCK et *N. subplanulatus* H. DOUVILLÉ 1919¹. Or Barbotan est l'un des points par lesquels passe la ligne Roquefort-Créon-Cézan et il est situé à environ 48 km. au Nord-Ouest du vallon de Colègne.

3° (m¹). Vers l'altitude de 150 m. environ, et sur les sables précédents repose le Miocène d'eau douce du type de la « molasse de l'Armagnac ».

Il est représenté d'abord par les couches de base que Jacquot appelle « calcaire de Valence » (*loc. cit.*, p. 43)².

Dans le vallon de Colègne ce sont le niveau moyen rutilant (marnes amaranthe de Jacquot) et le niveau supérieur (« calcaire blanc maculé de jaune ») qui s'observent le mieux. Au Nord le calcaire blanc se voit bien sur la route de Cézan à la Fontaine

1. BENOIST et BILLIOT. Nummulites recueillies dans un sondage fait à l'établissement thermal de Barbotan, commune de Cazaubon (Gers). *Actes soc. lin. de Bordeaux*, 5^{me} s^{ie}, t. 5, p. xxx. 3 juin 1891.

« Ce qu'il importe de signaler, c'est la présence des terrains nummulitiques rencontrés dans les deux derniers sondages au-dessous des sables éruptifs (*sic*) ; à une profondeur de 45 m. Les *Nummulites planulata* et *biarritzensis* sont en grande quantité. »

DEGRANGE-TOUZIN, dans le même volume des « Actes », p. cx (17 février 1892), fait connaître qu'il a soumis les échantillons de Nummulites des sondages de Barbotan à M. Achille Tellini, du Musée Royal de Rome, et que ce dernier a reconnu *Num. planulata* et *N. elegans* Sow. Enfin M. H. DOUVILLÉ (L'Éocène inférieur en Aquitaine... *Mém. Carte géol. de Fr.* 1919) a montré que *Num. elegans* Sow. du sondage de l'Aquitaine est une espèce nouvelle, compagne mégasphérique de *N. planulatus*, qu'il dénomme *Num. subplanulatus*.

2. Jacquot distingue dans le « calcaire de Valence » 3 termes correspondant à des faciès pétrographiques. Ces trois termes sont de bas en haut :

a, Grès de Trouillon ; b, Marnes amaranthe ; c, Calcaire blanc, à macules jaune clair, de Valence.

Chaude (hameau de Lasmurailles), un peu au-dessous apparaît le faciès rutilant. Au Sud on recoupe les mêmes bancs vers les altitudes de 160-180 m. en montant à la crête qui domine le vallon. Les couches se montrent légèrement inclinées vers le Sud et le Sud-Ouest, indice de mouvements posthumes postérieurs à la formation principale du dôme. Le « calcaire de Valence » est surmonté par le « calcaire d'Auch-Sansan », bien visible vers 200-210 m. d'altitude sous les villages de Cézan, Lavardens et leurs environs d'où on peut très bien les suivre jusqu'à Auch. Enfin on sait qu'au Sud de cette ville ces calcaires ont fourni à Sansan la célèbre faune de Mammifères découverte par Ed. Lartet. Contrairement au niveau de Valence, le niveau d'Auch ne m'a paru nullement affecté par les mouvements qui ont donné naissance au dôme de Cézan-Lavardens et dans ces deux dernières localités je n'ai pas observé qu'il fût dérangé de son horizontalité.

En résumé le dôme de Cézan-Lavardens nous montre dans l'affleurement de ses couches maestrichtiennes la *présence simultanée* de *Biradiolites ingens* DES MOULINS ou *sp.* et d'une *Nummulite nouvelle* de très petite taille, fait encore inédit dans nos régions.

Le Maestrichtien est entouré d'une auréole sableuse d'âge imprécis mais probablement postérieur aux niveaux inférieurs de l'Éocène.

La couverture miocène du dôme est formée par le « niveau de Valence-sur-Baïse ». En discordance sur les dépôts plus anciens les couches de Valence se montrent légèrement inclinées périclinalement. En revanche les calcaires d'Auch sont restés horizontaux.

ÉTUDE PALÉONTOLOGIQUE DES NUMMULITES
DU CRÉTACÉ SUPÉRIEUR DE CÉZAN-LAVARDENS (GERS)
[*NUMMULITES MENGAUDI* n. sp.]

PAR **Gaston Astre**¹.

PLANCHE XII.

Les Nummulites trouvées en avril 1923 par M. Mengaud dans le Crétacé supérieur du département du Gers² offrent le grand intérêt d'établir en France l'existence dès le Maestrichtien du genre *Nummulites* qui n'était encore connu à ce niveau que dans la partie médiane du bassin méditerranéen. Elles appartiennent à la plus ancienne faune de ces Foraminifères et représentent la plus petite forme qui ait été rencontrée dans ce genre, — constatation qui s'accorde bien avec la notion d'un début de groupe. Elles montrent à la fois un ensemble de dispositions considérées comme primitives et quelques affinités avec les Operculines; mais ce sont déjà des Nummulites parfaitement réalisées, avec toutes les caractéristiques du type *Nummulites*.

DIAGNOSE DU TYPE. — **Nummulites Mengaudi** n. sp.

FIG. 1. — PL. XII, FIG. 1-23.

Diamètre équatorial : 0 mm. 3 à 0 mm. 9.

Diamètre axial ou épaisseur : 0 mm. 1 à 0 mm. 3.

Nombre de tours de spire : 2 1/2 à 3 1/2.

Nombre de cloisons : 3-4 par 1/4 du 1^{er} tour.

—	4-5	—	2 ^e	—
—	6-7	—	3 ^e	—

De taille très petite, cette Nummulite est lenticulaire, assez épaisse, mais comprimée, au point que sa section transversale montre souvent ses côtés parallèles, sauf vers le bord qui, en coupe axiale, est arrondi et très obtus; en coupe équatoriale, ce bord présente une inégalité par suite de la proéminence de la fin du dernier tour. A l'extérieur se voient des filets radiés, plus ou moins falciformes, parfois légèrement élargis, avec des granules situés sur ces filets. La spire est régulière et à accroissement

1. Note présentée à la séance du 25 juin 1923.

2. MENGAUD (L.). Découverte d'une Nummulite nouvelle dans le Maëstrichtien à Biradolites du petit dôme de Cézán-Lavardens (Gers) et étude stratigraphique du gisement. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 4^e sér., t. XXIII, 1923 (Note précédente).

assez rapide. La lame spirale est assez épaisse, d'épaisseur sensiblement constante, sauf vers le dernier tour où elle devient à peine plus forte. Les tours sont peu nombreux. Les cloisons, nombreuses, assez rapprochées, régulières, possèdent toutes à peu près la même épaisseur, la possèdent sur toute leur étendue et ont une allure un peu incurvée, ramenée vers l'arrière à leur partie périphérique où elles se fusionnent avec la lame spirale, à peine plus minces que cette dernière. La distance entre les cloisons croît peu d'un tour à l'autre. Les nombreuses coupes axiales effectuées n'ont montré que des formes à macrosphère ; deux

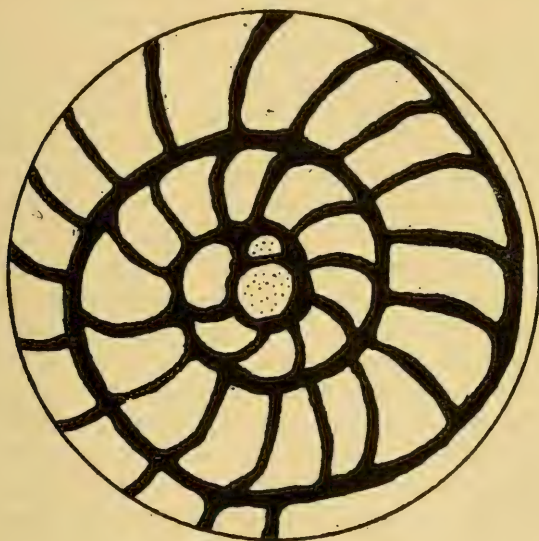


FIG. 1. — DESSIN DE LA NUCLÉOCONQUE (Schéma réduit de la figure 22 de la planche XII). Les deux loges de la nucléoconque, qui supportent toutes deux la première loge de la spire, sont marquées en pointillé. — Grossissement en diam. : 230 environ.

sections ont permis de voir une nucléoconque à deux loges dont la plus interne est de 2 à 3 fois plus grande que l'autre. Les loges se terminent par un angle postérieur externe aigu ; plus larges que hautes, elles s'accroissent en général lentement et régulièrement, jusqu'à celles du dernier tour dont la largeur égale 3 à 4 fois la hauteur. Les piliers sont nets dans les sections axiales.

Gisement. — Vallon de Colègne, entre « Fontaine-Chaude » et la métairie de Bordères (cote 130-140 m.), dans le dôme de Cézán-Lavardens, à environ 14 km. au SW de Fleurance, sur le

département du Gers¹. — Affleurement de terrain maestrichtien. Les mêmes blocs de calcaire marneux ou gréseux sont pétris, comme fossiles principaux, à la fois de ces Nummulites et de Biradiolites non roulés que Jacquot a depuis longtemps rapportés à l'espèce [*Biradiolites*] *ingens*², fossile de la Craie supérieure de Royan.

Les échantillons et les préparations-types sont déposés dans les collections du Laboratoire de géologie de la Faculté des Sciences de Toulouse.

VARIATIONS. — Bien que très abondante dans le gisement étudié, l'espèce ne présente que des variations peu importantes.

La taille peut aller du simple au triple, mais reste toujours inférieure, — et souvent de beaucoup —, à un millimètre. Je n'ai jamais rencontré d'exemplaire dépassant cette dimension ; le diamètre équatorial le plus fréquent est 0 mm. 6. La section axiale se présente parfois en fuseau allongé avec amincissement progressif vers le bord. La saillie de la fin du dernier tour est plus ou moins accusée suivant les exemplaires considérés.

Les filets cloisonnaires varient fort peu. Les granules, assez peu nombreux, au nombre de 3 à 5 environ par filet, sont souvent difficiles à voir ; leur grosseur est presque identique pour tous. Leur forme seule, généralement arrondie, prend parfois l'allure de renflements plus étirés qui correspondent à des épaisissements locaux des filets, coexistant d'ailleurs toujours avec de véritables granules.

Les caractères internes offrent une constance assez rare chez des Nummulites. L'allure des chambres est bien caractéristique. Les cloisons peuvent être rectilignes sur les trois quarts de leur parcours pour ne se courber qu'à leur extrémité distale ou bien présenter une faible courbure régulière. Leur angle d'inclinaison sur la lame spirale reste à peu près le même partout ; ce n'est que très exceptionnellement qu'on en voit certaines plus penchées vers l'arrière que ne le comporte la règle. L'épaisseur de la lame spirale est susceptible de quelques variations de faible importance.

Le seul point où la morphologie semble un peu moins nettement fixée réside dans la première ou les deux premières loges après la nucléoconque. Cette amorce de la spire, au lieu d'être constituée par des chambres dont la taille rentre dans la loi générale de croissance des tours, est souvent le siège d'irrégulari-

1. Carte géologique détaillée de la France, à 1/80000. Feuille de Lectoure N° 217 (SW).

2. JACQUOT (E.). Description géologique, minéralogique et agronomique du département du Gers. 1^{re} partie, 1870, p. 27.

tés. En particulier la première loge reposant sur la nucléoconque peut arriver à être plus haute que large et plus grande d'un tiers que la seconde dont la hauteur peut alors égaler la largeur. Ce n'est qu'à partir de la deuxième ou de la troisième que les loges adoptent la croissance lente et progressivement régulière qui les rend plus larges que hautes et qui est le propre de la spire normale.

ATTRIBUTION GÉNÉRIQUE. — Dans les formes de diamètre inférieur à 2 mm., il est assez délicat de distinguer les Nummulites de quelques genres voisins, en raison des caractères peu accentués qu'elles possèdent. Cependant celle de Cézan-Lavardens ne laisse aucun doute à ce sujet.

Elle n'a rien de commun avec les Amphistégines dont l'extérieur est typique par sa plus ou moins grande inéquilateralité, son bord tranchant, son côté inférieur plus renflé que le supérieur et la présence d'un bouton au centre des deux faces.

Elle n'appartient pas non plus à la série des *Sidérolites* inermes (sans pointes)¹, qui sont des Rotalidés et dans lesquels on tend à rechercher actuellement la forme ancestrale des Nummulites. Notre espèce nouvelle s'en distingue d'abord par ses caractères positifs qui sont ceux des *Nummulites*, ensuite par des caractères négatifs, par l'absence de ceux des vrais *Sidérolites*. A supposer en effet que les expansions externes arrivent à disparaître totalement dans les formes inermes, *Sidérolites* a toujours une lame spirale extrêmement épaisse par rapport aux septa qui le sont déjà notablement ; les septa sont perforés comme la muraille, particularité fondamentale qui dans les cas douteux peut servir à distinguer les *Sidérolites* des Nummulites ; en outre, l'intérieur montre des épaississements endosquelettiques. S'ajoutent d'autres caractères moins importants, quoique constants : taille assez grande et plus surbaissée des loges, enroulement de la spire, etc. La forme du Gers ne laisse voir, à aucun degré, de telles dispositions.

Dans l'intérieur de la famille des Nummulitidés, elle n'est ni une *Assilina* ni une *Operculina*, groupes qui ne diffèrent du reste l'un de l'autre que par la spire plus ouverte et les tours moins nombreux du second et dont les Nummulites se distinguent par la présence des filets cloisonnaires et le recouvrement complet des tours, caractères qui se retrouvent chez le petit Foramini-

1. DOUVILLÉ (HENRI). Evolution et Enchaînements des Foraminifères. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 4^e sér., t. VI, 1906, pp. 598-599, pl. XVIII, fig. 6-9.

DOUVILLÉ (HENRI). La Craie et le Tertiaire des environs de Royan. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 4^e sér., t. X, 1910, p. 54.

fère du Gers. Toutefois ce dernier a en commun avec les Operculines trois détails qui doivent retenir l'attention : le petit nombre des tours, l'enroulement de la spire, plus rapide que dans les Nummulites ordinaires, mais beaucoup moins que dans les Operculines proprement dites, et enfin la proéminence de la fin du dernier tour.

Nous avons donc bien à faire à une Nummulite vraie, à la fois par l'aspect extérieur, par la coexistence d'une muraille perforée et de cloisons compactes, par la forme des loges et des cloisons, par la présence de filets cloisonnaires, par le recouvrement complet des tours. C'est donc une Nummulite typique, alliant aux caractères *considérés* comme primitifs dans l'intérieur du genre *Nummulites* d'autres caractères, bien moins importants, montrant quelque analogie avec les Operculines. Rappelons pour les premiers de ces caractères la plus petite taille connue, la présence de granules, les granules ne correspondant par endroits qu'à des épaississements partiels des filets, les filets radiés, le nucléoconque à deux loges inégales¹, — et pour les seconds le très petit nombre de tours ($2\frac{1}{2}$ – $3\frac{1}{2}$), l'enroulement assez rapide de la spire, la proéminence de la fin du dernier tour.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES SPÉCIFIQUES. — Cette Nummulite est, de beaucoup, la plus petite qui soit connue. Sa surface présente des filets radiés sur lesquels se trouvent des granules. Sa lame spirale est assez épaisse, ses tours peu nombreux, ses cloisons assez fortes et un peu inclinées vers l'arrière. Pour autant qu'on puisse en juger par l'ensemble des coupes, c'est une forme mégasphérique. Tel est ce qui la signale à première vue entre toutes ses voisines.

1) *Espèces certainement antérieures au Tertiaire*. — De toutes celles-ci, elle se distingue fondamentalement par la *présence de granules*, alors que les autres en sont dépourvues. En outre elle s'éloigne particulièrement de chacune d'elles à de nombreux titres :

de *N. Fraasi* DE LA HARPE, par ses dimensions environ 5 fois plus petites, son bord obtus, sa lame spirale épaisse, ses cloisons plus fortes, plus régulièrement courbées et plus espacées, sa spire à enroulement plus rapide ;

de *N. deserti* DE LA HARPE, par ses dimensions à peu près 3 fois plus petites, ses cloisons épaisses, sa spire à enroulement un peu plus rapide ;

1. DOUVILLÉ (H.). Les Foraminifères sont-ils toujours unicellulaires ? *CR. Acad. Sc.*, t. 167, 1918, pp. 149 et 150.

de *N. Bolcensis* (?) MUNIER-CHALMAS (espèce à laquelle BOUSSAC¹ a assimilé avec un point de doute *N. spilecensis* MUN.-CHALM., jamais décrite ni figurée, et interprétée antérieurement par M. Douvillé², d'après Oppenheim³, comme *N. bolcensis* B.), par ses dimensions au moins 10 fois moindres, ses filets radiés et non méandriformes, sa spire plus régulière.

2) *Espèces les plus anciennes de l'Éocène inférieur du Bassin de l'Aquitaine.* — C'est à peine à titre documentaire qu'on peut la comparer à celles-là, tant la confusion est impossible. Parmi les groupes signalés en 1919 par M. H. Douvillé dans l'Éocène inférieur⁴, ne retenons que les principales formes mégasphériques, seules rapprochables de *N. Mengaudi* qui est aussi mégasphérique. Contrairement à ce qui avait lieu pour la série des Nummulites du Crétacé, la présence de granules, loin d'être le grand caractère différentiel, devient ici le caractère commun, les espèces du Nummulitique tout à fait inférieur du Sud-Ouest étant pour la plupart granuleuses.

N. subatacicus DOUVILLÉ (diam. : 2,5-4 mm.) a un bouton médian très accentué, des cloisons plus larges à la base qu'à l'extrémité distale.

N. granifer DOUVILLÉ (diam. : 10 mm.) s'orne de filets tourbillonnants.

N. subplanulatus DOUVILLÉ (diam. : 4 mm.) possède des filets moins falciformes, moins flexueux.

N. girondicus BENOIST (diam. : 3-4 mm.) a des granulations plus nombreuses au centre, des cloisons très arquées.

N. Guettardi D'ARCHIAC (diam. : 2-3 mm.) se présente avec des filets assez fortement recourbés vers l'arrière.

N. Lucasi D'ARCHIAC (2,5-4 mm.) a des cloisons moins épaisses, une spire à croissance régulière, plutôt lente.

N. subexilis DOUVILLÉ (diam. : 3-4 mm.) affecte un grand nombre de tours de spire, ses loges n'arrivent pas tout à fait au centre, montrant une disposition intermédiaire entre celles des genres *Assilina* et *Nummulites*.

3) *Espèces diverses.* — *N. solitaria* DE LA HARPE, de l'Éocène

1. BOUSSAC (J.). Etudes paléontologiques sur le Nummulitique alpin. *Mém. Carte géol. Fr.*, 1911, pp. 16 et 17.

2. DOUVILLÉ (HENRI). Evolution des Nummulites dans les différents bassins de l'Europe occidentale. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 4^e sér., t. VI, pp. 34-35, note infrapaginale.

3. OPPENHEIM (P.). Ueber die Nummuliten des venetianischen Tertiärs, 1894, p. 12, 26, fig. 4-5.

4. DOUVILLÉ (H.). L'Éocène inférieur en Aquitaine et dans les Pyrénées. *Mém. Carte géol. Fr.*, 1919, 1 vol.

inférieur d'Égypte, qui est après celles du Crétacé, une des plus anciennes connues, s'en distingue par une taille 5 à 6 fois plus grande, l'absence de granules, une forme subglobuleuse et un enroulement plus régulier.

N. variolaria LAMARCK, de l'Auversien et du Bartonien, l'une des plus petites qui aient été signalées, est tout de même 2 à 3 fois plus grande en diamètre ; elle possède un galbe plus renflé et plus fusiforme, n'a pas de granules et, si sa lame spirale est aussi épaisse que celle de *N. Mengaudi*, ses cloisons sont bien plus minces.

Il serait prématuré, en raison de l'isolement avec lequel nous la connaissons dans le temps et dans l'espace, d'établir entre la forme du Gers et l'une quelconque des précédentes des relations autres que purement morphologiques. Dans la classification, d'ailleurs artificielle, de Prever¹, elle prend place dans le sous-genre *Gümbelia* (non réticulées, avec granules).

NIVEAU STRATIGRAPHIQUE DES PREMIÈRES NUMMULITES. — La découverte de la Nummulite de Cézan-Lavardens porte à 4 le nombre de celles qui sont connues avec certitude dans des terrains antérieurs au Tertiaire, sans parler de celles qui y ont été décrites par erreur et dont le traité de Zittel donne une liste assez complète².

Le Maestrichtien, niveau le plus inférieur où ont été découvertes ces formes, en a fourni trois : *Nummulites deserti* DE LA HARPE cité en Sicile au Cap Passaro par M. H. Douvillé avec *Orbitoides gensacica* et *Hippurites cornucopiæ*³, *N. cf. Fraasi* DE LA HARPE signalé en Tripolitaine à Bir Cateifa par Parona⁴ en 1914 avec *Omphalocyclus macropora*, *Siderolites calcitrapoides*, *Sid. denticulatus* etc., et enfin *N. Mengaudi* du Dôme de Cézan-Lavardens (Gers) avec *Biradolites ingens*. Il n'est pas sans intérêt de faire remarquer que, si le Maestrichtien de ce dernier lieu n'a fourni que *Biradiolites ingens* comme fossile typique, il correspond toutefois au même niveau que les couches de Sicile et de Tripolitaine ; car *Orbitoides gensacica* et *Omphalocyclus macropora* ont précisément leur type pris dans les gisements maestrichtiens du bassin d'Aquitaine, dans des affleurements de

1. PREVER. Le Nummuliti della Forca di Presta, nell'Apennino centrale e dei dintorni di Potenza nell'Apennino meridionale. *Mém. Soc. pal. suisse*, vol. 29, 1902.

2. ZITTEL (KARL). Traité de paléontologie (édition française). 1883, t. I, p. 102.

3. DOUVILLÉ (H.). Le Tertiaire du golfe aquitainien et ses différences de faciès. *CR. Acad. Sc.*, t. 165, 1917, p. 532.

DOUVILLÉ (H.). Les Nummulites, évolution et classification. *CR. Acad. Sc.*, t. 168, 1919, p. 163.

4. PARONA (C. F.). Per la Geologia della Tripolitania. *Atti della reale Accademia delle Scienze di Torino*, vol. L, 1914, disp. 1a, pp. 36-37.

même ordre que celui de Cézan-Lavardens et à proximité de ce dernier.

Le Danien inférieur à *Nautilus danicus* de Pondichéry (Indes) renferme un foraminifère que Kossmat a en 1897 attribué avec hésitation¹ au genre *Amphistegina*, mais qui, suivant une remarque de Parona, pourrait, à n'en juger que par la figure publiée par l'auteur, être une vraie Nummulite. Toutefois le manque de précision empêche de ranger avec certitude ce Foraminifère au nombre des Nummulites connues à une époque antérieure au Tertiaire. La quatrième des Nummulites qui remplit cette dernière condition appartient tout à fait au sommet du Secondaire et peut-être même aux couches de transition du Secondaire au Tertiaire. En effet les Pyrénées occidentales ont offert à Seunes², avec *Operculina Heberti*, une Nummulite qu'il a en 1890 désignée *N. spilecensis* MUNIER-CHALMAS, espèce jamais décrite ni figurée et que Boussac a assimilée avec doute à *N. bolcensis* MUNIER-CHALMAS ; l'auteur avait rapporté à l'Eocène inférieur les couches qui les renfermaient, M. Douvillé en a ramené l'âge au Danien³. Il est permis cependant de faire quelques réserves au sujet de cette assimilation stratigraphique ; car dans les Petites-Pyrénées, le niveau à *Operculina Heberti* est incontestablement montien.

Il suffira de mentionner ensuite par ordre chronologique, dès l'extrême début du Tertiaire, à un niveau qui pourrait être encore du Crétacé, la faune d'El-Guss-Abu-Saïd, près de l'oasis de Farafrah (Egypte) où ont été pris les types de trois espèces : *N. deserti*, *N. solitaria*, *N. Fraasi*, décrites par DE LA HARPE en 1883.⁴ Enfin le Tertiaire franc commence avec la riche série thanétienne⁵ du bassin d'Aquitaine dont M. H. Douvillé a fait une étude minutieuse dans son important mémoire de 1919, et avec quelques autres ensembles, tels que celui du Vicentin.

1. KOSSMAT (F.). The Cretaceous Deposits of Pondicherri. *Rec. of the Geological Survey of India*, XXX, part. II, 1897, p. 97, pl. x, fig. 11-12.

2. SEUNES (JEAN). Recherches géologiques sur les terrains secondaires et l'Eocène inférieur de la région sous-pyrénéenne du Sud-Ouest de la France. *Thèse Sc. Paris*, 1890, pp. 201, 203, 233.

3. DOUVILLÉ (H.). Limite du Crétacé et de l'Eocène dans l'Aquitaine. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 4^e sér., t. VI, 1906, p. 49.

4. DE LA HARPE (PHILIP). Monographie der in Aegypten und der libyschen Wüste vorkommenden Nummuliten. *Palaeontographica*, XXX Band, III Folge, 6, 1883, pp. 161-162, 176-178, Taf. XXX, fig. 1-8 et XXXI, fig. 18-19, 20-25.

5. DOUVILLÉ (H.). L'Eocène inférieur de l'Aquitaine et sa faune de Nummulites. *CR. Acad. Sc.*, t. 165, 1917, p. 612.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XII

Nummulites Mengaudi ASTRE. *nov. sp.*

Les grossissements sont comptés en diamètre. Les photographies sont sans retouches.

- FIG. 1. — Série d'exemplaires isolés. La proportion des diverses tailles n'a pas été respectée dans le choix des échantillons ; ceux de grande taille (les plus grands qui aient été rencontrés) sont relativement bien plus nombreux sur cette figure que dans la réalité. — Grandeur naturelle.
- FIG. 2-6. — Aspect extérieur. Les filets et les granules, nettement visibles sur certains exemplaires privilégiés, sont délicats à photographier. Il faut pour cela immerger les échantillons dans le lactophénol ou l'huile de cèdre ou les traiter par le bleu d'aniline. L'huile de cèdre est le liquide d'immersion le plus favorable. Le vernissage superficiel et l'usure n'ont fourni que des résultats médiocres. — Les fig. 2 et 4 laissent deviner à la fois filets et granules, 3 montre plutôt des granules, 5 et 6 plutôt les filets. — $\times 25$.
- FIG. 7-12. — Sections équatoriales. Allure assez régulière des cloisons. — $\times 25$.
- FIG. 13-19. — Sections axiales. Enroulement typique en Nummulite, à partir de la loge initiale. Les piliers sont particulièrement nets dans la fig. 18. — $\times 25$.
- FIG. 20. — Section axiale. Même exemplaire que la fig. 18. — $\times 55$.
- FIG. 21. — Section oblique. A la partie gauche, le test est impossible à distinguer de la gangue vers le dernier tour, ce qui donne à la fig. un diamètre équatorial un peu plus grand en apparence que le diamètre réel. — $\times 25$.
- FIG. 22. — Nucléoconque (en section équatoriale). — $\times 230$.
- FIG. 23. — Les Nummulites en place dans la roche. Deux sections équatoriales vues en lame mince. — $\times 25$.
-

LES ORBITOÏDES ET LEUR ÉVOLUTION EN AMÉRIQUE

PAR H. Douvillé¹.

PLANCHE XIII

Pseudorbitoides — *Orthophragmina* et *Pseudophragmina*. — *Lepidocyclina*, son apparition pendant l'Eocène supérieur, sa parenté avec *Helicolepidina*.

Il est toujours intéressant de suivre une forme déterminée dans toute l'étendue de son habitat et d'examiner les modifications qu'elle éprouve. Les Orbitoïdes se prêtent tout particulièrement à cette étude, par suite de la simplicité de leur constitution (ils sont généralement unicellulaires) et de la complication de leur coquille ; ce sont en effet les plus compliqués des Foraminifères.

A l'époque crétacée elles sont représentées dans l'ancien continent par deux types distincts, les *Orbitoïdes* proprement dites et les *Omphalocyclus* ; on peut les suivre le long de la Mésogée jusque dans l'Inde, ceux-ci sans modifications sensibles, tandis que les premiers présentent seulement des variations dans les caractères des espèces ; il y a en réalité continuité. Il en est tout autrement dans le Nouveau Monde où ces formes paraissent très rares et présentent des caractères particuliers. J'ai signalé à la Jamaïque², sous le nom de *Pseudorbitoides Trechmanni* (fig. 1, 2) de petits

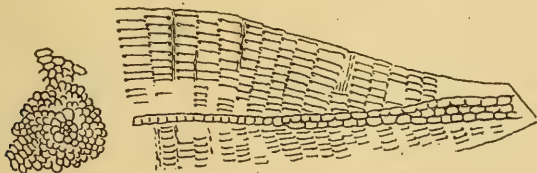


FIG. 1, 2. — *Pseudorbitoides Trechmanni*,
du crétacé supérieur de la Jamaïque (gr. 20 fois).

échantillons de 5 millimètres environ de diamètre présentant la structure générale des Orbitoïdes, mais avec une couche équatoriale formée de plusieurs couches de logettes, comme dans *Omphalocyclus*. La disposition en spirale des premières loges est très marquée ; les logettes voisines d'un même cycle sont

1. Note présentée à la séance du 28 mai 1923.

2. CR. Soc. géol., 1922, p. 203,

souvent un peu écartées, il en résulte qu'elles se disposent en files rayonnantes.

Tout dernièrement j'ai pu examiner une série d'échantillons du Mexique recueillis il y a plusieurs années par le Dr Böse sur la ligne du chemin de fer de Tampico à San Luis Potosi, entre les stations Canoas et Cardenas ; ils n'ont guère que 2 à 3 millimètres de diamètre, leur épaisseur est très faible (0,3 mm.), et leur conservation médiocre, de sorte qu'il est très difficile d'obtenir de bonnes préparations minces. Il m'a paru cependant que les premières loges sont disposées en spirale comme dans les échantillons de la Jamaïque, avec seulement une première loge un peu plus grande 50 μ . au lieu de 30 ; mais la couche équatoriale ne présente qu'une seule couche de logettes, et deux rangées d'ouvertures ; cette couche se diviserait-elle si la taille devenait plus grande ? La chose est possible, mais dans tous les cas, il semble qu'il existe pour les Orbitoïdes crétacés un type américain spécial avec couche équatoriale d'abord simple, puis se subdivisant. La discontinuité avec l'Europe ne paraît pas douteuse.

À l'époque tertiaire les modifications sont plus compliquées, et pour les interpréter il est nécessaire d'entrer dans le détail de l'organisation de ces animaux.

On connaît le mode de reproduction des Foraminifères : quand l'animal est arrivé au terme de son développement, il se fragmente d'une manière régulière, par une sorte de caryocinèse ; ces fragments tous de même grandeur, constituent de nouvelles cellules, véritables ovules, qui se développent directement pour donner naissance aux formes mégasphériques A : l'ovule s'entoure d'une membrane qui se calcifie, formant ainsi la première loge ; elle communique avec l'intérieur par une seule ouverture, qui sera le point de départ du développement de la coquille, normalement toujours spirale à l'origine.

Parmi ces nombreux ovules, on constate que certains se comportent d'une manière différente : ils s'entourent d'une coque continue, sans ouvertures ; on dit qu'ils s'enkystent. Ils se divisent ensuite plusieurs fois par caryocinèse, formant de nouvelles cellules beaucoup plus petites que l'on considère comme des spores ; mis en liberté ceux-ci se conjuguent deux à deux, c'est en réalité une véritable fécondation d'où résultent les individus microsphériques B, plus vigoureux et qui atteignent ordinairement une plus grande taille que les formes A. Ce deuxième mode de reproduction par enkystement, est fréquent chez les Protistes et représente en réalité un moyen de défense

de l'organisme ; aussi chez les Foraminifères les formes B seront d'autant plus nombreuses que les conditions seront moins favorables.

A l'origine des Orbitoïdes on observe un mode nouveau de renforcement, non plus par fusion, mais par association de cellules ; ce sont les formes A mégasphériques qui vont se modifier : l'ovule résultant probablement de la fragmentation d'une forme spiralée telle que *Siderolites* ? ou *Arnaudiella*, se divise deux fois par caryocinèse et se développe avant de s'enkyster ; les nouvelles cellules ainsi formées restent associées et il se constitue ainsi un véritable *embryon quadricellulaire*. On ne peut qu'être frappé de l'analogie que présente ce processus avec la phase initiale du développement des animaux supérieurs ; seulement ici ce mouvement de multiplication des cellules s'arrête et ne continue pas. Cette disposition n'a du reste qu'une durée éphémère, car dans les périodes géologiques qui suivent on voit 3 des 4 cellules se dégrader, se fusionner ; l'embryon persiste, mais il devient biloculaire et l'animal retourne au type normal unicellulaire.

Quoi qu'il en soit, on comprend qu'il résulte de cette association de plusieurs cellules un type plus vigoureux, destiné à acquérir une plus grande taille et un plus grand développement. Celui-ci va du reste prendre une forme particulière ; l'embryon constitue une sorte de noyau entouré d'une coque plus ou moins épaisse (*nucléoconque*). Mais tandis que l'ovule ordinaire n'avait qu'une seule ouverture, ici au contraire la coque qui entoure l'embryon présente un grand nombre de perforations, par lesquelles le protoplasme va émettre ces prolongements radiciformes, caractéristiques des Foraminifères, qu'on a appelés des *pseudopodes*. Dans la période de croissance, le protoplasme forme au droit de chaque ouverture une gouttelette fortement convexe ; celle-ci s'entoure d'une membrane qui se calcifie rapidement et va donner naissance à une logette reproduisant la forme convexe de la gouttelette de protoplasme.

Le protoplasme était riche en sels de calcium et la calcification de la surface rapide, car les gouttelettes restent distinctes, séparées et ne se touchent pas. Ce même phénomène se reproduisant sur toute la périphérie la croissance ne sera plus spirale mais annulaire (cyclostègue) ; toutefois le développement se fera seulement dans un plan qui va devenir le plan de symétrie de la coquille ; ce plan, comme tout plan de symétrie, devait être vertical pendant la vie de l'animal, c'est le plan médian ou plan équatorial. Les logettes convexes en avant sont limitées

par des parois poreuses parallèles à ce plan ; le protoplasme filtrant au travers donne naissance aux couches latérales, et la coquille prend ainsi sa forme lenticulaire habituelle.

Les Orbitoïdes atteignent leur plus grand développement dans le Maestrichtien, mais présentent déjà des indices de dégénérescence, de gigantisme (*Simplorbites gensacicus*). On sait qu'à la fin de cet étage il s'est produit des changements considérables dans le milieu marin, au moins en Europe, disparition des Ammonites, des Rudistes, des Trigonies, etc. J'ai supposé qu'il fallait les attribuer à un abaissement notable de la température. Quoi qu'il en soit les Orbitoïdes en ont subi le contre-coup, le protoplasme est devenu moins dense, moins riche en sels minéraux ; au moment de la croissance les gouttelettes de protoplasme sont aplaties, étalées et arrivent à se rejoindre tout en restant distinctes ; ainsi se forment les logettes presque rectangulaires, à bord antérieur encore un peu convexe qui caractérisent les *Orthophragmina*. C'est bien nettement une dégénérescence des Orbitoïdes crétacées, due principalement aux changements éprouvés par le milieu marin.

Ce nouveau type prend un grand développement dans l'ancien continent et jusque dans les îles de la Sonde ; la continuité que j'ai signalée à l'époque crétacée a persisté pendant l'Éocène. Il en est autrement dans la direction opposée, et c'est seulement pendant l'Éocène supérieur que les *Orthophragmina* franchissent l'Atlantique pour arriver en Amérique, ils atteignent l'île de la Trinité probablement au début de cette période.

Ils y sont représentés à la fois par des formes discoïdes (*Discocyclina varians*) et par des formes étoilées (*Asterodiscus stellaris*) ; mais il semble que les premières tout au moins n'ont pas trouvé dans ce nouvel habitat des conditions favorables, car elles vont se modifier rapidement.

Nous avons vu plus haut que les *Orthophragmina* étaient dérivées des Orbitoïdes crétacées par une sorte de dégénérescence, de dégradation résultant d'une modification du protoplasme ; cette modification qui s'est traduite par un aplatissement de la gouttelette correspond en réalité à une diminution de la tension superficielle ; malgré cela les gouttelettes voisines sont restées distinctes et les logettes ont conservé leur individualité ; elles sont toujours séparées par des cloisons droites, complètes, imperforées, alternant régulièrement d'un anneau au suivant. Nous allons voir ces caractères se modifier considérablement sur certaines formes américaines, comme on peut le constater sur les échantillons figurés sur la planche jointe à

cette note et qui représente des coupes équatoriales fortement grossies : les cloisons s'atténuent, deviennent extrêmement minces et irrégulières, ondulées par places ; elles ne rejoignent plus le bord antérieur de l'anneau et n'alternent pas régulièrement d'un anneau au suivant ; elles se chargent de granules irréguliers et peuvent même être réduites à ces granulations comme on le voit en quelques points sur la figure 2 et plus complètement encore sur la figure 3. On pourrait penser que ces granulations ne représentent que les piliers des couches latérales, mais ceux-ci ne prennent naissance que sur la limite des anneaux, tandis que les granulations en question se développent dans leurs intervalles.

Les gouttelettes du protoplasme se sont rejointes, ont fusionné en partie, englobant les cloisons avortées. Il n'y a plus de logettes, la loge a retrouvé son unité et ce qui le montre bien c'est qu'elle est limitée par une surface régulière et continue ; dans les *Orthophragmina* au contraire cette limite est formée par la juxtaposition des surfaces antérieures des logettes toujours un peu convexes, et par suite elle est plus ou moins festonnée.

Cette dégradation d'un type cloisonné est un retour en arrière qui rappelle jusqu'à un certain point la disposition que présentent les Orbitolites primitives, où on voit d'abord apparaître dans les loges des granules irréguliers, puis se former des cloisons de plus en plus complètes et de plus en plus régulières.

Le fossile qui présente la disposition dont je viens de parler a été décrit par Cushman comme *Orthophragmina floridana* et je l'avais moi-même considérée tout d'abord comme un véritable *Orthophragmina*, c'est que les échantillons sont presque toujours plus ou moins encroûtés par un fin dépôt de chaux carbonatée cristallisée qui masque les détails, visibles seulement sur de très bonnes préparations. On peut alors s'assurer que la division régulière des loges en logettes qui caractérise ce genre n'existe plus ; c'est une forme nouvelle que je proposerai d'appeler *Pseudophragmina floridana* CUSHM. sp.

Une dégénérescence aussi marquée annonce bien la fin prochaine de ce type d'Orbitoïdes, et en effet les *Orthophragmina* vont s'éteindre et disparaître peu après, à la fin de l'Eocène supérieur, aussi bien en Amérique qu'en Europe. On pourrait croire que le groupe des Orbitoïdes va disparaître en même temps ; il n'en n'est rien, il va au contraire reprendre une nouvelle vigueur, mais en se transformant.

Il est intéressant de constater que le type nouveau apparaît dans des conditions rappelant celles qui ont présidé à la nais-

sance du groupe lui-même, à l'époque crétacée. Je rappelle qu'à ce moment c'est l'ovule qui en se divisant deux fois par caryocinèse a constitué l'*embryon quadricellulaire*, caractéristique des premières Orbitoïdes ; nous allons retrouver en Amérique, au début de l'Éocène supérieur, cette même division par caryocinèse, mais une fois seulement et les *deux cellules qui en résultent resteront également associées* ; l'*embryon bicellulaire* ainsi constitué est nettement caractérisé par sa forme presque sphérique (*L. Cannellei*, *L. Mantelli*) et par ses deux loges égales, avec séparation plane ; son origine par division de l'ovule ne semble pas douteuse. C'est ainsi qu'apparaît le genre *Lepidocyclina*.

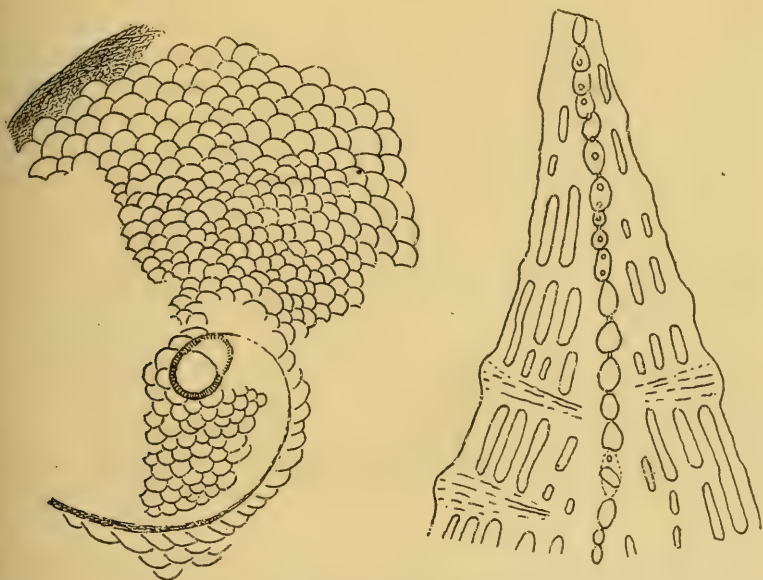
Ce type nouveau est plus vigoureux ou mieux adapté aux conditions extérieures ; son protoplasme va reprendre des caractères analogues à ceux qu'il avait au début à l'époque crétacée : dans la période de croissance, les gouttelettes de protoplasme redeviennent fortement convexes et les logettes qui en résultent rappellent par leur forme celles des Orbitoïdes crétacés ; suivant qu'elles resteront éloignées ou qu'elles se toucheront, le réseau équatorial sera ainsi à mailles hexagonales dilatées, à mailles losangiques, ou à mailles hexagonales allongées.

A quel moment précis apparaissent les Lépidocyclines ? J'avais pensé d'abord, d'après les observations de Casey, que l'espèce la plus ancienne était *Lep. Mantelli* « très commune, a-t-il dit, dans un calcaire surmontant immédiatement les Clayborne sands » ceux-ci étant considérés comme représentant l'Éocène moyen. Aujourd'hui les géologues américains et notamment M. Cushman, attribuent à cette espèce un âge plus récent, il est donc préférable de se reporter à la coupe de l'île de la Trinité où la succession des faunes paraît plus nette¹.

Les premières Lépidocyclines y ont été recueillies à deux niveaux très voisins et dont les faunes paraissent peu différentes, celui de « Stone 39 river » et le niveau supérieur de San Fernando ; ce sont des formes de 10 millimètres environ de diamètre avec piliers très développés ; dans l'une *Lep. pustulosa*, ils deviennent de véritables pustules ; dans une autre ils restent polygonaux et les chambres latérales sont moins nombreuses ; j'avais considéré cette deuxième forme comme la compagne mégasphérique de l'espèce précédente, c'est en réalité une espèce distincte que j'appellerai *Lep. Trinitatis* (*loc. cit.*, p. 844, fig. 3 et 4). Ces deux formes sont associées à des

1. H. DOUVILLÉ. Les Orbitoïdes de l'île de la Trinité, deuxième note. *GR. Ac. Sc.*, t. 164. p. 841, 29 mai 1917.

Orthophragmina rayonnés, *Asterodiscus georgianus*, Cushman (*astericus* GUPPY, non *Orb. astericus* KAUFMANN 1867). Je suis porté aujourd'hui à considérer le gisement de San Fernando, qui succède immédiatement aux couches à *Nummulites striatus*, comme un peu plus ancien que celui de « Stone 39 river » ; ce serait donc à ce niveau que les Lépidocyclines auraient apparu. Ces couches sont du reste largement développées sur le bord sud de la mésogée américaine, elles se prolongent à l'Ouest dans le Vénézuéla comme l'a fait voir récemment M. le Dr Tobler, et c'est un point sur lequel je reviendrai ; il faut placer aussi au même niveau les couches inférieures de l'isthme de Panama où le *Lep. pustulosa* est associé au *L. Cannellei*.



Helicolepidina spiralis TOBLER.

FIG. 3. — Coupe équatoriale montrant la spirale dominante et le réseau régulier des logettes arrondies en avant (gr. 30 fois).

FIG. 4. — Coupe axiale montrant la minceur de la couche équatoriale et les ouvertures des logettes disposées sur une seule rangée.

Nous venons de voir comment se sont constituées les Lépidocyclines et à quel moment elles ont apparu ; mais d'où dérivent-elles ? On a pensé jusqu'à présent qu'elles se rattachaient directement aux *Orthophragmina* ; je viens toutefois de faire remarquer que la première phase de leur développement avec leur embryon bicellulaire rappelait tout à fait celui des premières Orbitoïdes crétacées ; celles-ci dérivent certainement d'une forme spiralée et nous savons qu'elles sont associées à une de

ces formes (*Arnaudiella*) leur ressemblant tellement qu'il faut les examiner de très près pour arriver à les distinguer, de sorte que leur parenté est très probable. Or dans le gisement que je viens de citer au Vénézuéla, M. le Dr Tobler a précisément signalé¹ une association analogue des premières Lépidocyclines avec une forme spiralée nouvelle qu'il a appelée *Helicolepidina spiralis*. Elle ressemble d'une façon frappante aux Lépidocyclines non seulement par ses caractères extérieurs, sa taille, son ornementation, mais aussi par sa constitution interne ; elle présente comme tous les Orbitoïdes une couche médiane et des couches latérales traversées par des piliers (fig. 4) ; la couche équatoriale (fig. 3) est formée par un réseau régulier de logettes disposées exactement comme dans les Lépidocyclines. La ressemblance est telle que notre confrère en a fait un sous-genre de *Lepidocyclina*. Il est difficile d'aller jusque-là, car ce réseau n'est par annulaire (cyclostègue) comme dans les véritables Orbitoïdes ; il est dominé par un large enroulement spiral rappelant celui des Hétérostégines ; il se rapproche également de ce type par la minceur de la couche médiane, n'ayant qu'une seule rangée d'ouvertures (fig. 4). C'est en réalité une forme très voisine des *Spiroclypeus*, mais dans lequel les logettes au lieu d'être rectangulaires comme dans les Hétérostégines, sont arrondies en avant comme dans les Lépidocyclines. L'analogie avec ces dernières est si marquée qu'on peut se demander si c'est seulement un effet de convergence, d'adaptation à un même milieu, ou s'il n'y aurait pas plutôt parenté réelle.

Dans ce cas les Lépidocyclines dériveraient non plus des *Orthophragmina* dégénérés, mais comme les Orbitoïdes crétaées d'une forme spiralée et celle-ci pourrait être plus ou moins voisine des *Helicolepidina*.

Il est curieux de faire observer à ce sujet que dans les rares Orbitoïdes crétaées américaines (fig. 1) la première phase spiralée paraît plus accentuée que dans les espèces de l'ancien continent.

1. Die Jacksonstufe (Priabonien) in Venezuela und Trinidad (*Eclogae geol. Helvetiae*, vol. XVII, 1922, n° 3, p. 342-346, pl. xix). — *Helicolepidina*, ein neues Subgenus von *Lepidocyclina* (*ibid.*, p. 380-384, fig. 1 à 3).

EXPLICATION DE LA PLANCHE XIII

***Pseudophragmina floridana* CASHMAN sp.**

COUPES ÉQUATORIALES.

FIG. 1. — de Marianna, sur la Chipola river (Floride) gr. 40 fois.

FIG. 2. — de Bainbridge sur la Flint river (Floride) gr. 60 fois.

FIG. 3. — de la même localité — même grossissement.

NOTE SUR LES DÉPÔTS ÉOCÈNES DES ENVIRONS DE ROYAN

PAR René Abrard ¹.

Après les travaux importants de Vasseur² et de H. Douvillé³, il ne reste à peu près rien à dire au point de vue descriptif sur les lambeaux éocènes que l'on rencontre aux environs de Royan; on peut cependant donner les renseignements complémentaires suivants :

1° Les meulières à *Nummulites planulatus-elegans* se retrouvent au Chay et aussi à Vallières, un peu au NW de la grande poche signalée par H. Douvillé. A très peu de distance (50 m. environ) du phare de Saint-Georges-de-Didonne, on trouve remaniés au sommet de la craie des fragments d'un grès verdâtre à *Nummulites planulatus* et Alvéolines, très semblable à celui dont on trouve des fragments remaniés dans le conglomérat de Saint-Palais.

2° Quelques blocs de grès identique à celui de Vallières, avec débris de coquilles, se trouvent remaniés tout au commencement de la Pointe de Suzac, à l'extrémité de la plage de Saint-Georges-de-Didonne.

3° A la partie SE de la pointe de Suzac, une vigne est établie sur un sable grossier qui renferme d'innombrables fragments de meulières avec quelques grains de quartz et des Foraminifères parmi lesquels *Orbitolites complanata* et *Alveolina* sp.

4° Le gisement de Saint-Palais nous retiendra un peu plus longtemps; en effet, les sables rouges grossiers considérés jusqu'ici comme surmontant les grès grossiers à *Chlamys* et supportant les marnes à *Ostrea* n'occupent pas en réalité cette place dans la série; il y a un point au Bureau où il en est bien ainsi, mais cela est dû à un chaos produit par l'action des vagues et à des éboulements; à l'extrémité occidentale du lambeau, à l'anse de Puyraveau, on voit que ces sables ferrugineux surmontent les marnes et qu'ils terminent la série; ils

1. Note présentée à la séance du 5 novembre 1923.

2. G. VASSEUR, Sur le dépôt tertiaire de Saint-Palais, *Ann. Sc. géol.*, t. XVI, 1884.

3. H. DOUVILLÉ. Eocène de Royan. *B.S.G.F.* (4), I, 1901, p. 627-636. La Craie et le Tertiaire des environs de Royan. *Ibid.* (4), X, 1910, p. 58-61. — L'Eocène de Royan (3° notc), *CR. som. S.G.F.*, 1914, p. 7-9.

2 avril 1924.

Bull. Soc. géol. Fr. (4) XXIII. — 25

contiennent à leur sommet des silex meuliers sans fossiles que l'on rencontre partout à la base du sable des dunes ; par ailleurs, le grès calcarifère passe par places insensiblement aux marnes qui renferment la même faune et les mêmes grains de quartz. La succession à Saint-Palais est donc la suivante de haut en bas :

- a. Sables ferrugineux grossiers ;
- b. Marnes graveleuses à *Ostrea plicata*, *Chlamys*, *Cidaris Lorioli* ;
- c. Grès grossier calcarifère avec *Ostrea plicata*, *Chlamys* ;
- d. Calcaire à Échinides avec *Orbitolites complanata* et *Lituonella Roberti*.
- e. Conglomérat.

FAUNES DE MOLLUSQUES. — Nous possédons actuellement des renseignements précis sur les Foraminifères et les Échinides des dépôts tertiaires des environs de Royan, mais on peut dire que nous ne savons rien ou presque sur les faunes de Mollusques. De patientes recherches m'ont permis d'en rencontrer un certain nombre.

Terre Nègre. — Vasseur a cité quelques espèces de ce point. Le calcaire blanc, moins zoogène que celui de Saint-Palais et qui renferme *Orbitolites complanata* et les mêmes Échinides, est assez riche en moules de Mollusques, malheureusement assez mal conservés ; j'ai pu reconnaître : *Mytilus* sp., *Cardium* cf. *obliquum* LMK., *C.* cf. *sublima* D'ORB., *C.* cf. *verrucosum* DESH., *Lithocardium* cf. *cymbulare* LMK., *Natica cepacæa* LMK., *Rimella fissurella* LMK., *Tritonidea* sp., *Mitra* sp., *Drillia* sp.

Saint-Palais. — Le calcaire proprement dit de Saint-Palais ne renferme que très exceptionnellement des Mollusques ; néanmoins, une lentille moins zoogène, vers le sommet de ce calcaire, près du *Pont de la Corniche* m'a fourni un certain nombre de moules associés à de grands *Orbitolites complanata* : *Axinæa* sp., *Cardium* cf. *porulosum* SOL., *Lithocardium* cf. *cymbulare* LMK., *Calyptræa* cf. *lamellosa* DESH., *Hipponyx cornucopiæ* LMK., *Oliva* sp.

Les grès calcarifères qui surmontent ce calcaire sont riches en *Ostrea plicata* SOL., et *Chlamys subtripartita* D'ARCH., et les marnes qui leur font suite livrent de nombreux individus d'*Anomia rugosula* DESH., *Ostrea plicata* SOL., *Chlamys subtripartita* D'ARCH., associés à *Cidaris Lorioli* COTTEAU et à des valves de Balanes.

J'ai également rencontré deux Brachiopodes dans le calcaire de Saint-Palais : *Terebratulina* sp., *Terebratula bisinuata* LMK.

Vallières. — Les grès de Vallières à *Nummulites miocontortus* contiennent quelques Mollusques, soit à l'état de moules bien déterminables, soit même ayant conservé leur test ; ce sont :

Ostrea plicata SOL., *O. dorsata* DESH., *Mytilus Rigaulti* DESH., *Cardita* cf. *planicosta* LMK., *Cardita* sp., *Phacoides elegans* DEFR., *P.* cf. *saxorum* LMK., *Phacoides* sp., *Chama calcarata* LMK., *Meretrix* cf. *nitidula* LMK., *M. elegans* LMK., *Corbula* sp., *Turritella* sp., *Cerithium serratum* LMK., *C. plicatum* BRUG.

RÉSULTATS STRATIGRAPHIQUES. — L'âge du calcaire de Saint-Palais a subi de nombreuses vicissitudes et est considéré actuellement comme auversien par H. Douvillé. Ainsi que l'a fait remarquer cet auteur, c'est avec le calcaire d'Arthon que ses analogies fauniques sont les plus grandes ; mais le calcaire d'Arthon est lutétien ; il renferme *Echinanthus Issyavensis* et sa faune de Mollusques est lutétienne ; G. Dollfus¹ ne l'avait pas en vue lorsqu'il a, avec juste raison, rajeuni certaines couches de Bretagne ; les Cérithidés du calcaire d'Arthon sont *Cerithium limbatum*, *C. semigranulosum*, *C. praecinctum*, et l'on n'y rencontre pas les formes de Bois-Gouët plus récentes ; d'ailleurs, les couches d'Arthon sont stratigraphiquement inférieures à celles de Bois-Gouët. Donc, aucun doute possible, le calcaire d'Arthon est lutétien, ainsi que l'a, avec Vasseur, admis E. Haug². Le calcaire de Saint-Palais est donc également lutétien ainsi d'ailleurs que l'indique sa faune : la présence de *Echinolampas ellipsoidalis*, espèce du Lutétien de la Gouèrepe est un argument de plus. Il y a bien l'identité présumée de *Brissopsis elegans* avec le *Brissopsis* du calcaire de Saint-Estèphe, mais une bonne comparaison des divers échantillons ne serait pas superflue.

De plus, nous avons vu que les marnes et grès qui surmontent le calcaire de Saint-Palais renferment *Anomia rugosula*, *Ostrea plicata* et *Chlamys subtripartita* ; les deux premières espèces sont nettement lutétiennes ; *Chlamys subtripartita* D'ARCH., espèce du groupe de *C. biarritzensis* D'ARCH. est répandue dans tout le Nummulitique ; son ornementation augmente en vigueur à mesure que l'on s'élève ; or, les échantillons de Saint-Palais ont une ornementation peu saillante qui indique l'aurore du groupe ; les grès et marnes de Saint-Palais sont encore lutétiens³.

1. *Journal de Conchyliologie*, t. XLVI, p. 328.

2. E. HAUG. *Traité de Géologie*, t. II, p. 1456

3. Les Poissons ne sont d'aucun secours pour la détermination de l'âge du calcaire de Saint-Palais ; dans le conglomérat de base on trouve ainsi que l'a

Quant aux positions relatives des calcaires de Saint-Palais et de Blaye, c'est une question que je ne veux pas traiter, ne connaissant pas suffisamment ce dernier point ; je me bornerai seulement à faire remarquer que le seul Échinide commun aux deux localités, *Cidaris Lorioli* COTTEAU se trouve dans les marnes de Saint-Palais, au-dessus du calcaire, et que dans ces conditions il est probable que le calcaire de Blaye est supérieur à celui de Saint-Palais.

Les sables ferrugineux grossiers qui terminent la série tertiaire à Saint-Palais sont certainement supérieurs au Lutétien ; ils sont peut-être l'équivalent latéral des grès de Vallières.

L'âge des grès de Vallières ne peut faire de doute : la présence de *Nummulites miocontortus*, *Cerithium plicatum*, *Ostrea dorsata*, indique de l'Eocène tout à fait supérieur, aux confins de l'Oligocène conformément à l'opinion de H. Douvillé. Il y a une lacune entre ces grès et le groupe lutétien de Saint-Palais ; peut-être correspond-elle au calcaire de Blaye.

signalé Vasseur, d'assez nombreux restes peu déterminables de Myliobatidés ; dans le calcaire à Echinides lui-même, je n'ai rencontré qu'une seule dent que M. Leriche a bien voulu déterminer : *Odontaspis cuspidata* Ag. prémut. *Hopei* Ag.

SUR UN PROCÉDÉ DE DESSIN DES FEUILLES FOSSILES

PAR **Pierre Marty**¹.

La valeur d'un mémoire de paléontologie végétale tient en grande partie dans l'exactitude des figures qui l'accompagnent. Mieux que la plus minutieuse description, des figures bien faites permettent, en effet, de se rendre compte des caractères d'un fossile, de ses ressemblances et de ses différences avec les formes vivantes ou éteintes prises comme termes de comparaison. C'est pourquoi le règlement de la *Société Géologique de France* impose aux auteurs qui collaborent à son bulletin de figurer toutes les espèces nouvelles qu'ils créent.

Mais il y a figure et figure. D'Ettingshausen, qui était pourtant un paléontologiste consciencieux et habile, très attentif à la morphologie des feuilles, a publié des flores fossiles difficilement utilisables, du fait de la frustesse et de la gaucherie de leurs illustrations. Au contraire, Rossmäslér, paléontologiste cependant bien rudimentaire, a laissé une œuvre de premier ordre, grâce à ses excellents dessins, qui permettent aisément de reconnaître et de mettre à leur place taxonomique, malgré des déterminations souvent erronées, les feuilles fossiles qu'il a décrites.

Par la photographie, il est aujourd'hui relativement aisé de figurer de façon correcte les feuilles fossilisées à plat dans un sédiment. Mais toutes les feuilles fossiles ne se présentent pas dans ces conditions. Celles qui sont conservées dans les travertins ou dans les cinérites ont été enrobées par la roche encaissante dans l'état de recroquevillement où elles gisaient sur le sol. Elles offrent, par suite, plusieurs plans, plus ou moins obliques les uns par rapport aux autres. Or, la photographie d'objets rapprochés ne rend nettement qu'un seul plan. Les autres sont flous, ou même invisibles, s'ils forment un angle droit avec le plan principal. Dès lors, pour la figuration de tels objets, le dessin s'impose. Mais il n'en reste pas moins très difficile de raccorder de façon correcte les dessins, faits séparément, des divers plans de la feuille, dessins dont le raccord doit montrer l'aspect de celle-ci à l'état de planéité.

L'indication d'un moyen qui permet de vaincre cette difficulté

1. Note présentée à la séance du 3 décembre 1923.

sera, je l'espère, utile aux paléontologistes qui ont à figurer des feuilles fossiles.

Lorsqu'il s'agit de dessiner une feuille plus ou moins gondolée, dont toutes les parties ne sont pas visibles d'un même coup d'œil, on peut user d'une feuille extra mince (n° 253, épaisseur 0 m. 0002) de cellophane, produit à base de cellulose, souple, transparent comme le verre, fabriqué à Bezons (S.-et-O.). Après avoir ramolli cette feuille de cellophane, en la trempant dans de l'eau, ou l'applique, avec une forte pression des doigts, sur la feuille fossile, de telle façon qu'elle se moule sur celle-ci et en épouse toutes les surfaces, tous les replis. Puis on l'essuie,

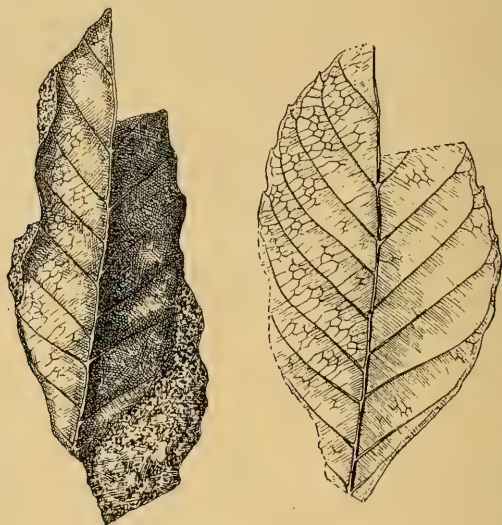


FIG. 1. — *Quercus furcinervis* ROSSMASLER des cinérites plaisanciennes du Pas-de-la-Mougudo (Cantal). — 1, feuille repliée et gondolée, telle qu'elle se montre dans un bloc de cinérite. 2, la même feuille dessinée et ramenée à l'état de planéité au moyen d'une feuille de cellophane. Échelle : 1/2.

sans la détacher, avec un linge fin et, alors qu'elle est encore légèrement moite, on dessine à sa surface, avec une plume fine et de l'encre de chine, additionnée au besoin de quelques gouttes d'une solution claire de gomme arabique, le contour et la nervation de la feuille fossile, ce qui peut être fait sous la loupe, ladite feuille fossile étant aussi visible jusque dans ses plus ultimes détails que s'il n'y avait pas, entre elle et le dessinateur, un corps interposé. Après quoi, il ne reste qu'à séparer du fossile la feuille de cellophane, à ramener celle-ci à l'état de planéité par pression dans un livre et à prendre un calque, destiné au clichage.

Je terminerai ces brèves indications par un exemple.

La figure ci-dessus, qui représente une feuille de *Quercus furcinervis* Rossm. montre celle-ci telle qu'elle est enrobée dans un bloc de cinérites du Plaisancien du Pas-de-la-Mougudo (Cantal). Elle est pliée en forme de toit selon sa nervure médiane et ses bords sont enroulés sur eux-mêmes. Le principal caractère spécifique des feuilles de cette espèce fossile est d'avoir des nervures secondaires qui, au lieu de se rendre directement dans les dents, comme chez les châtaigniers, se dichotomisent à l'approche de la marge, une des branches de la fourche ainsi formée pénétrant dans la dent tandis que l'autre se prolonge en aréoles marginales pour s'unir finalement à la nervure secondaire suivante. Or, il est impossible de faire du fossile en question une photographie d'ensemble qui permette de saisir ce caractère, lequel est, au contraire, bien visible dans la seconde figure ci-dessus, représentant la même feuille, et obtenue par un dessin à la cellophane, exécuté selon la méthode très simple dont la description fait l'objet de la présente note.

CONTRIBUTIONS A L'ÉTUDE DU QUATERNAIRE DE FRANCE

PAR **Georges Denizot** ¹.

I. — Remarques sur les caractères physiques du Quaternaire.

Depuis quelques années, les observations relatives aux formations quaternaires se sont multipliées ; en France, notamment, nos grands cours d'eau, la plupart de nos côtes, tous nos massifs montagneux ont été l'objet de recherches détaillées. Bien des publications leur ont été consacrées ; et cependant l'accord est loin de s'être fait sur les problèmes soulevés. Ce ne sont pas seulement, d'ailleurs, les interprétations que l'on maintient en discussion, mais souvent les faits eux-mêmes ; en sorte qu'il est difficile à un lecteur désintéressé de reconnaître la vérité dans une controverse qui soulèvera, par exemple, une divergence des évaluations altimétriques.

De l'ensemble des recherches et des contradictions mêmes il résulte une donnée solidement établie, et qui paraît indiscutable au moins en ce qui concerne nos régions : c'est la continuité des terrasses et leur agencement en niveaux. Un niveau comprend dans chaque grande vallée un alignement de plaines alluviales, se raccordant vers l'aval avec des plaines côtières, vers l'amont avec des formations morainiques : il représente l'achèvement d'un cycle complet, débutant par une phase d'abaissement et se continuant par une phase de remblaiement. Sans doute on peut noter, que certaines sections de vallées, que de grandes longueurs de côtes en sont dépourvues, ou que la disposition en terrasse s'y reconnaît mal ; mais l'argument qu'on en tirerait pour les contester n'aurait pas plus de valeur que celui qui refuserait, par exemple, de rattacher à la même assise lacustre les couronnements des buttes du Parisien, du Valois et du Vexin, pour la seule raison qu'ils sont détachés. Et dans beaucoup de cas un examen plus approfondi permettra de lever le doute.

Il est manifeste qu'un niveau correspond à un état physique sensiblement stationnaire, interrompu par une modification qui a reporté en contrebas la situation des divers facteurs littoraux,

1. Note présentée à la séance du 3 décembre 1923.

fluviaux et glaciaires. C'est à l'observation qu'il faut demander si ces changements se sont effectués partout dans le même sens, ou s'ils ont pu suivant les régions affecter des directions contraires. Dans le premier cas, les mêmes niveaux se suivront, du moins pour une région plus ou moins vaste, sur toutes les côtes et dans toutes les vallées avec leur cortège de terrasses plus ou moins morcelées disposées en étages ; s'il s'est établi des niveaux à une altitude relative inférieure à celle d'un niveau postérieur, ils auront été oblitérés par celui-ci. Si l'on ajoute à cela la conception de déplacements égaux parce que dus à une cause uniforme, ces terrasses auraient des altitudes relatives constantes : on se placera dès lors dans le cadre de l'équidistance, dont la théorie de l'eustatisme de Suess donne une interprétation simple en liant l'étagement des niveaux aux seuls déplacements d'ensemble de la surface des mers.

Beaucoup de spécialistes estiment en effet que la considération des altitudes relatives fournit un guide nécessaire et suffisant ; ils classent dès lors, non seulement les plages marines, mais encore les terrasses fluviales, d'après la hauteur qu'elles offrent au-dessus du niveau marin actuel ou de l'étiage des cours d'eau. Ils admettent ainsi non seulement que le phénomène est déterminé par des modifications eustatiques uniformes du niveau de base, mais que les profils n'ont pas varié au cours de cette évolution et tendent constamment à se rétablir parallèlement à eux-mêmes. Les mêmes hauteurs doivent dès lors se retrouver pour le même niveau dans les régions les plus diverses.

D'autres observateurs font appel au contraire aux mouvements épirogéniques, qui donnent sans aucun doute la meilleure explication des vicissitudes du phénomène glaciaire. Dans cette théorie on doit penser que les altitudes relatives varieront d'un point à l'autre et qu'elles peuvent varier en sens contraire ; en sorte que deux niveaux d'abord étagés pourront se couper, le plus ancien passant sous l'autre et s'effaçant de ce fait. On a supposé aussi que les mouvements se localisant dans les régions montagneuses, les terrasses ne se distingueront que dans celles-ci, se rapprochant et finissant par confluer vers l'aval.

Ces diverses interprétations ont été envisagées pour les mêmes vallées. Mais il faut noter qu'aucun fait de confluence ou d'intersection n'est établi. L'existence des niveaux étagés sur nos côtes est désormais démontrée, surtout par les travaux classiques de Ch. Depéret, de M. Gignoux et du général de Lamothe. La discussion se bornera à une question d'altitudes et de raccordements : mais, il n'est plus possible de parler de confluences à

l'embouchure de toutes les terrasses fluviales, ni de considérer l'intersection comme une disposition générale.

Il va sans dire que l'opportunité de combiner l'eustatisme et l'épirogénisme a été formulée¹, et que la nécessité en paraît imposée par certains faits. Toutefois plusieurs spécialistes tendent aujourd'hui à considérer comme tout à fait exceptionnels sinon illusoires les gauchissements relevés sur quelques lignes de rivage ; en remontant les vallées, ils expliquent les infractions à l'équidistance par des anomalies de profils.

Avec une telle méthode, il suffit de quelques mesures pour classer automatiquement un dépôt quaternaire, ou supposé tel. Le danger en est bien apparent : en admettant que la synthèse du Quaternaire est fixée autour de certains nombres, on est tenté de les retrouver partout, et de pratiquer pour cela des corrections arbitraires. L'emploi des corrections a l'avantage de simplifier les conclusions, par contre il risque de masquer certains écarts, faibles mais systématiques. Si dès le début d'une étude monographique le cadre est ainsi fixé, on ne manquera pas d'attribuer aux terrasses observées avec plus ou moins de précision la hauteur exacte qu'on leur suppose, et de donner l'illusion d'une vérification. Enfin, fait plus grave, on sera conduit à suspecter sans autre motif les observations discordantes. Sans diminuer en rien la portée des travaux récents, il est bon de mettre en garde contre une pareille tendance, qui en somme consiste à admettre en préface le principe que l'on consolidera en conclusion.

En résumé, l'existence des niveaux est pour nous définitivement établie et nous ne mettrons pas en doute leur continuité ni leur autonomie. Notre but principal sera de reconstituer les profils de chacun d'eux dans les diverses régions explorées.

LES TERRASSES MARINES.

En principe, les formations marines fournissent à notre étude les documents les plus directement utilisables. Si, en effet, nous parvenons à restituer les divers niveaux anciens en raccordant leurs éléments aujourd'hui décimés, nous aurons pour chaque période une courbe zéro, dont nous pourrions apprécier la hauteur moyenne et la déformation verticale.

1. « Il me paraît que chacune de ces manières de voir, considérée isolément est impuissante à tout expliquer et que chacune renferme pourtant une part de vérité. Loin de s'exclure, les deux théories peuvent, je crois, se prêter une mutuelle assistance. » (BOULE, *Les grottes de Grimaldi*, 1906, II, p. 153.) Voir aussi : HAUG, *Traité de Géologie* (chap. XXVIII) ; KILIAN, *La Géographie*, XIV, p. 213 ; GIGNOUX, *Ann. Un. Grenoble*, XXIII, p. 17 et *Thèse*, 1913, p. 633.

Cette dernière est, bien entendu, contestée par les partisans de l'équidistance, pour qui certaines concordances numériques sont suffisamment établies et générales. Du fait qu'en certains points une terrasse de 28-30 mètres, par exemple, est reconnue, on pensera qu'elle a existé partout à cette altitude, considérant comme fortuits ou erronés les nombres trop forts ou trop faibles. Il faudrait pour cela qu'un tel résultat fût imposé par un nombre considérable d'observations, effectuées sur les côtes les plus diverses ; si nous consultons la longue série des observations faites sur les « plages soulevées », nous relevons au contraire des altitudes assez diverses : les variations que les synchronisations successives ont subies doivent nous mettre en garde contre toute synthèse trop simple.

Que sont devenues, par exemple, ces traces de rivages à 85 m., solidement établies, croyait-on, sur la côte niçoise, et qui deviennent trop basses dans la nouvelle classification ? Comment interpréter ces terrasses de « 55-60 m. » qui paraissent plutôt varier de 50 à 65 m. ? Comment sortir de l'impasse de la Grotte du Prince, où la ligne qui représentait si rigoureusement le rivage de 28-30 m. s'est trouvée n'être qu'à 23-24 m. ? Comment expliquer, dans la même grotte, ces foyers que la mer aurait dû submerger et disperser ? Que faire enfin des rivages de 13 m. (Capestang), de 9 m. (Martigues), de 7 m. (Ligurie, Crète), de 5 m. (Cette), etc..., qui ne sont pas moins intéressants que les autres ?

D'ailleurs, en présence d'une variation constatée, il n'est pas qu'aux déformations du substratum que l'on peut faire appel ; il faut envisager le rôle possible des déformations de la surface marine, par une cause telle que l'abaissement, sous l'action de l'érosion, d'un massif montagneux, l'établissement ou le retrait d'une couverture glaciaire, etc.¹. Comme il a été produit à ce sujet des calculs tout à fait contradictoires, c'est ici encore à la seule observation qu'il faut faire appel pour chercher la bonne théorie, et non estimer la conséquence en partant de telle théorie choisie.

Ceci posé, nous devons rappeler² les difficultés que présente toute tentative de restitution d'un niveau marin. Seules les formations strictement littorales nous donneront une évaluation suffisamment serrée. S'il s'agit de niveaux récents ou peu anciens, les divers éléments lit-

1. Voir sur ces questions : DE LAPPARENT, *Le niveau de la mer*, B. S. G. F., (3), XIV, p. 368 ; HAUG, *Traité de Géologie*, I, p. 497.

2. Ces considérations se trouvent mises en lumière dans les publications des savants spécialistes, en particulier de DEPÉRET et du général DE LAMOTHE.

toraux (plages, cordons, corniches marines, etc.) seront parfois conservés avec assez de fraîcheur pour permettre de situer très exactement l'ancien littoral. Mais nombreuses sont les causes d'erreurs : si certains gisements littoraux, comme ceux de Martigues ou de Capestang, offrent un caractère tout à fait manifeste, beaucoup d'autres sont plus douteux, tel le dépôt à Strombes de la Grotte du Prince qui serait soit une plage (Boule) soit une couche déposée sous une profondeur de plus de 10 mètres (Depéret). Il faut d'ailleurs éliminer les vestiges trop exigus, et particulièrement se méfier des paquets de galets et de coquilles que la mer peut facilement lancer par gros temps, à plus de 3 mètres de haut sur la côte méditerranéenne ; dans le même ordre d'idées, l'appréciation des niveaux moyens antérieurs à notre époque est très difficile par l'examen des galets qu'ils ont laissés sur les bords des mers à marée¹.

S'il s'agit de niveaux anciens, moins respectés, les difficultés sont bien entendu accrues ; pourtant dans divers cas l'indécision ne sera que de quelques mètres, et l'approximation sera suffisante.

Dès qu'on s'éloigne de l'ancien rivage, on est par contre réduit à des appréciations assez grossières, basées surtout sur la répartition bathymétrique des êtres dont on retrouve les restes. De telles évaluations sont souvent sujettes à caution ; la même espèce a pu vivre à des profondeurs différentes suivant les périodes ou suivant les régions : telle la *Nassa limata* CHEMN., caractéristique des faciès profonds du Calabrien d'Italie (Gignoux), et au contraire élément constitutif du falun de Saint-Ariès, « absolument côtier » (Fontannes). On peut de plus rencontrer des coquilles hors de leur habitat par suite de transports subis après la mort de l'animal : celles mêmes qui ne sont pas sujettes au flottage pouvant être reprises par les courants, et, soit tomber dans des fosses, soit au contraire être rejetées dans des zones moins profondes².

Certains auteurs ont fait grand cas des « replats » signalés par eux ou par leurs devanciers sur de nombreuses côtes. En réalité, nous ne croyons pas qu'on puisse tirer grande lumière de petites surfaces qui ne couvrent que quelques ares, pas plus que de revêtements caillouteux si minces que l'on est réduit à se demander s'ils ont ou non été apportés par l'Homme. S'il est vrai qu'on ait pris quelque soin d'écarter les aplanissements d'origine stratigraphique, il n'en reste pas moins que de tels détails ont été signalés à des altitudes assez diverses³, susceptibles de représenter des épisodes de valeurs très inégales.

1. Cf. DE LAMOTHE, *B. S. G. F.*, (4), I, p. 305.

2. Voir l'exemple du gisement Risso, près de Nice (DEPÉRET, *B. S. G. F.*, (4), III, p. 333).

3. Voir principalement les documents résumés par BOULE. Les Grottes de Grimaldi, p. 128.

LES TERRASSES FLUVIALES ¹.

Devant l'exiguïté de presque toutes les traces marines et l'insuffisance des documents fournis, les auteurs préférèrent recourir aux terrasses fluviales, bien plus étendues, en leur appliquant le principe d'équidistance. Aussi voit-on des publications limitées au territoire de quelques communes isolées du reste du bassin, où les terrasses sont classées sur la confrontation avec une série typique. Mais les difficultés ne sont pas moindres. Que dire de ces terrasses des environs de Valence, dont on a fait varier d'une trentaine de mètres l'altitude relative², et ne peut-on se méfier d'une interprétation qui peut s'établir dans le même cadre, en ajoutant ou non 10 mètres aux nombres relevés³? Peut-on admettre qu'aux environs d'Avignon, la terrasse de 80-85 m. soit une terrasse secondaire⁴, alors qu'elle est la plus importante de la région? Dans beaucoup de cas, le moins qu'on puisse dire des raccordements effectués entre les diverses terrasses d'une vallée est qu'ils sont hypothétiques; et l'on est en droit d'être sceptique sur la valeur des corrections effectuées dans le but apparent de rétablir une hauteur privilégiée.

Il y a de la sorte un intérêt manifeste à rechercher les vallées dans lesquelles les causes d'incertitude sont réduites au minimum, et celles où la question des raccordements ne prête pas à équivoque: ce ne saurait être le cas du Rhône, ni des vallées du bassin de Paris, ni semble-t-il de la plupart des vallées étrangères.

Or, nous avons dans la vallée de la Garonne l'exemple cherché. Dans la région toulousaine, cette vallée nous offre sur une centaine de kilomètres une extension et une continuité des terrasses tout à fait uniques. Dans ce secteur, les terrasses se suivent sans ambiguïté sur des longueurs considérables, avec des largeurs pouvant dépasser 8 kilomètres; leur distinction ne souffre pas de discussion, leurs raccordements sont évidents au seul examen des cartes. Aussi c'est dans cette région qu'ont été faites les premières observations sur les terrasses, dès 1833, par Nérée Boubée; plus tard Leymerie (1855-1881) apporta à leur étude

1. La technique des formations fluviales a été traitée en détail par DE LAMOTHE (*op. cit.*).

2. La terrasse de la Léore, près Valence, est considérée comme « niveau de 90 m. » sur la Feuille 187; DE LAMOTHE en fait un témoin de la « nappe de 59-60 m. » *B. S. G. F.*, (4), XV, p. 49.

3. *Ibid.*, p. 3.

4. DE LAMOTHE. *B. S. G. F.*, (4), XXI, p. 106.

une précision exceptionnelle pour son époque. Beaucoup d'observateurs ont donné leur contribution à ce sujet : il semblait qu'à l'heure actuelle, on aurait dû faire appel à cette région lorsqu'il s'est agi de vérifier les récentes théories sur le Quaternaire, et de corroborer les principes sur lesquels on basait son étude. Ce n'est pas sans quelque surprise que nous constatons qu'il n'a pas été procédé de la sorte.

Dès le début de mes recherches, j'ai considéré le bassin de la Garonne comme un bassin-type pour l'étude du Quaternaire fluvial : j'esquisserai dans cette contribution son allure générale, en accompagnant ce résumé d'observations complémentaires. Mais dès à présent je puis formuler un résultat capital : les terrasses de la Garonne ne sont pas parallèles à l'étiage, l'écart atteignant près de 20 mètres pour les terrasses les moins élevées.

Le principe d'équidistance, appliqué directement aux vallées, se révèle donc inexact ; on ne saurait grouper les terrasses parce qu'elles sont voisines de telle hauteur choisie. Il n'existe pas d'autre méthode que la continuité des niveaux, toute indécision dans cette continuité rendant les équivalences précaires.

Dans mon mémoire sur la Loire ¹, j'ai donné quelques détails sur l'évaluation des altitudes relatives, et montré combien l'emploi de l'étiage était artificiel. Ce profil d'étiage n'est pas homologue de celui des terrasses, dont l'édification a exigé au moins des moyennes eaux, et qu'il convient de comparer entre elles : les faits que je viens d'esquisser en sont la confirmation formelle. Le général de Lamothe semble l'avoir bien reconnu dans ses derniers travaux ², puisqu'il tend à substituer à l'étiage le profil des « cailloutis du lit majeur ». Or, ceux-ci apparaissent beaucoup plus imprécis dans leur disposition et plus délicats dans leur utilisation que le « niveau inférieur » que je préconise et qui se prête fort bien aux mesures de référence ³.

Cette réserve faite, et à supposer que la disposition des niveaux soit réellement commandée par les seuls déplacements eustatiques des mers, sans intervention de mouvements épigéniques, doit-il s'ensuivre que les niveaux soient en principe équidistants ? Je ne le pense pas ; beaucoup de facteurs peuvent agir sur le profil d'un fleuve, et il suffit d'une variation faible pour créer, au bout d'une certaine dis-

1. DENIZOT. Les alluvions du Bassin de la Loire. *B. Soc. Géol. et Min. de Bretagne*, II, pp. 430-477, 1922.

2. Voir : *B. S. G. F.*, (4), XV, p. 18 ; XXI p. 98. L'éminent spécialiste envisage en dernier lieu de substituer à l'étiage vrai un profil brisé joignant les points de confluence des vallées latérales. Nous ne pouvons concevoir la légitimité de cette opération, supprimant dans les intervalles une flèche qui a pu tout aussi bien exister par le passé.

3. Dans les rares cas contraires, les terrasses anciennes sont elles-mêmes tout à fait défigurées : l'inconvénient est donc minime.

tance, des écarts de plusieurs mètres : on aura un parallélisme approximatif sur une section limitée, mais la variation apparaîtra sur une distance plus considérable. Si l'on considère que les divers cours d'eau ont actuellement des pentes très inégales, — variant du simple au décuple pour les fleuves de l'Europe ¹ — on concevra sans peine que des variations appréciables aient pu se produire au cours de l'évolution d'un même cours d'eau. Parmi les facteurs susceptibles d'agir sur les profils, nous citerons les suivants :

Variations dans les facteurs météorologiques et les conditions de l'alimentation en montagne. — C'est à de telles causes que nous pourrions attribuer la dissemblance des profils de terrasses et de celui du cours d'eau actuel, dissemblance considérable dans le bassin de la Garonne ² ; ces profils ne correspondant pas à la même phase de deux cycles, les facteurs périodiques qui se retrouvent dans des états semblables lors de l'édification de la surface terminale des diverses terrasses ne le sont plus dans la phase actuelle.

Modifications du réseau hydrographique : déplacement latéral du cours, déplacement des méandres. — Depéret et Chaput ³ expliquent ainsi, pour la Somme et la Seine, la multiplicité des terrasses indiquée par Briquet.

Anomalies de confluence. — La confluence d'un grand tributaire est accompagnée de perturbation du profil du fleuve, parfois considérable, et le déplacement des confluent peut entraîner de sérieuses variations d'altitudes relatives. De tels faits ont été mis en relief par de Lamothe pour le Rhône et l'Isère.

Phénomènes de capture. — L'effet de ces actions est évident. Comme exemple je citerai le passage de la Durance par Lamanon et la Crau à l'époque du Bas-niveau ; j'ai constaté que la capture par le Rhône s'est accompagnée d'un surcreusement de plus de 10 m. — On ne peut que s'étonner en lisant qu'une terrasse de la Loire qui a 130 m. à Digoin, se dirigeant par Montchanin avant la capture qui l'a mise à sa place actuelle, se prolonge dans le bassin de la Saône en se retrouvant exactement à la même hauteur ⁴ ; ou qu'il aurait existé une « terrasse » descendant de la Loire à la Seine en demeurant à 100 m. de l'un et l'autre fleuve ⁵.

Déplacements horizontaux des embouchures. — Ce processus a été mis lui aussi en évidence par de Lamothe ; j'en ai tenté une application partielle à la Loire.

Conditions topographiques particulières. — J'ai imputé antérieurement à la préexistence d'une pénéplaine les anomalies que m'ont offert les niveaux alluviaux de la Loire (*op. cit.*).

1. La cote 100' est atteinte aux distances suivantes de l'embouchure : Rhône : 215 km. ; Garonne : 360 ; Loire : 398 ; Seine : 556 ; Volga : plus de 2 000. Pour le même bassin on relève des pentes très différentes (voir pour le Rhône et l'Isère, DE LAMOTHE, *B. S. G. F.*, (4), XV, p. 6).

2. Voir aussi pour la Somme : DE LAMOTHE, *B. S. G. F.*, (4), XVIII, p. 55.

3. *CR. som. S. G. F.*, 1921, p. 198.

4. CHAPUT, *CR. Ac. Sc.*, CVL, p. 892 et Terr. all. Loire, p. 46.

5. CHAPUT, *CR. Ac. Sc.*, CLXXII, p. 119.

Il n'est pas jusqu'à la constitution elle-même du bassin qu'on ne puisse invoquer dans certains cas où le progrès du creusement a fait apparaître un substratum réfractaire à l'établissement du profil d'équilibre.

LES APPAREILS GLACIAIRES

Penck recourait surtout à l'étude des dépôts glaciaires eux-mêmes pour séparer les divers termes du Quaternaire ; mais c'est aux relations avec les terrasses qu'il convient surtout de faire appel (Kilian, Depéret). Rappelons seulement que la hauteur des terrasses n'offre une signification réelle qu'à une distance suffisante des moraines, pour s'affranchir de leur influence (cônes de transition).

On admet généralement — aussi bien les savants spécialement glaciologistes que les partisans de l'eustatisme — que les avancées glaciaires se sont effectuées dans les vallées déjà creusées, et que leur maximum correspond à l'édification des terrasses en aval. Les glaciers auraient donc progressé durant les phases de submersion marine et de remblaiement ; le creusement des vallées correspondrait à la fois aux régressions marines et au retrait des glaciers. Je ne connais pas de preuve formelle de cette conception ; tout au contraire, il semble possible d'envisager une autre théorie.

En effet, Kilian vient de montrer¹ qu'à Sisteron, le glacier würmien s'est avancé plus loin que la moraine frontale jusque là connue, et que ses dépôts se retrouvaient sous les alluvions fluviales qui se reliait à cette moraine. En sorte que, dit-il, « les alluvions de Sisteron ne sont pas des alluvions de progression, mais plutôt des alluvions de régression ». Le maximum d'extension glaciaire est antérieur au sommet du remblaiement dans ce cas, qui paraît assez typique.

REMARQUES SUR QUELQUES THÉORIES.

Parmi les causes qui ont été mises en avant pour expliquer les phénomènes du Quaternaire, nous croyons devoir éliminer, comme inopérants, un certain nombre de facteurs.

C'est ainsi que la variation d'étendue du domaine maritime² est réellement insignifiante, en regard des vicissitudes glaciaires

1. W. KILIAN, Note sur l'existence de blocs glaciaires à la base de la Basse-terrasse fluvio-glaciaire des environs de Sisteron. *A. F. A. S.*, XLVI, 1923, pp. 301-308.

2. Voir : *B. S. G. F.*, (4), I, p. 380.

que l'on a cherché à lui subordonner ; elle n'offre d'ailleurs rien qui rappelle l'extension considérable des glaciers alpins vers le milieu du Quaternaire.

De même on a invoqué l'accumulation des débris arrachés au continent comme un facteur capital : l'exhaussement ainsi produit, provoquant le relèvement très lent de la surface marine, serait interrompu par des effondrements des fonds marins, et par suite, les mouvements négatifs seraient très rapides (de Lamothe). Le commandant Zeil¹ va plus loin en attribuant à cette accumulation sous-marine des matériaux arrachés aux sommets la puissance de rompre un faux équilibre et de provoquer un « réajustement ». L'action de tels facteurs est reconnue : c'est en somme, aux détails près, l'application des propriétés du géosynclinal². Mais la modalité proposée ne peut nous satisfaire. Les accumulations invoquées ne sauraient être plus importantes qu'elles n'ont été à l'ère tertiaire, où nous connaissons bien les géosynclinaux alpins ; pourtant à la même époque les formations continentales, si importantes et si variées, n'offrent rien de comparable à ce qu'elles seront au Quaternaire.

Si l'on cherche à prendre la question par son côté théorique, il paraît opportun de raisonner ainsi. Il est évident que ces mouvements subis par les fonds marins entraîneront un abaissement général de la surface de la mer et comme celle-ci est réellement une surface d'équilibre, cet abaissement doit être uniforme : nous sommes là en plein eustatisme. Mais ces déformations des fosses océaniques correspondraient à une diminution relativement considérable du volume terrestre, variation qu'il convient de compenser par une surélévation des masses continentales, en particulier des régions montagneuses ; et réciproquement. On arrive à cette induction aussi bien en invoquant les effets du déplacement de détritiques solides des montagnes érodées et abaissées, vers les fonds marins surélevés par les sédiments, que par le jeu des mouvements épirogéniques régis par la loi des compensations de Haug ; mais les effets de ce second facteur paraissent bien plus considérables.

On est alors conduit à distinguer 3 types de région :

1° *Les abîmes océaniques*, c'est-à-dire des régions de caractère géosynclinal, sujets à des variations rythmées, et entraînant dans le même sens le niveau relatif de la surface marine.

1. G. ZEIL. Corrélation entre les terrasses quaternaires, les récurrences glaciaires et les mouvements ascensionnels de l'écorce terrestre. *B. S. G. F.*, (4), XX, 1920, pp. 124-128.

2. Voir sur cette question le chapitre XII du traité de Haug.

3 avril 1924.

Bull. Soc. géol. Fr. (4) XXIII. — 26

2° *Les massifs montagneux*, affectés de mouvements compensateurs de sens contraires.

3° *Les régions intermédiaires*, submergées ou non, constituant au sens large le *socle continental*, qui resteraient indéformées ou subiraient seulement un écho très affaibli de ces mouvements contraires, dans l'un ou l'autre sens.

Or, dans ces conjectures, toute régression marine, effet de l'approfondissement des fosses et provoquant directement le creusement des vallées, correspondrait à une phase de surélévation des montagnes et partant d'extension glaciaire. Toute transgression, conséquence d'un relèvement des mêmes fonds et cause elle-même du remblaiement des vallées, serait simultanée d'une phase d'abaissement des montagnes et de régression des glaciers. En d'autres termes, l'édification du niveau marin et alluvial serait interglaciaire. Nous arrivons de la sorte à une conclusion inverse de celle qui est très généralement admise¹ : mais nous avons vu plus haut (voir p. 392) que cette opinion ne s'impose pas absolument, et même qu'elle paraît contredite. On voit en tous cas combien il est difficile et dangereux de faire appel à la théorie avant de posséder un ensemble suffisant de faits et de données précises.

II. — Le Pliocène supérieur et la limite du Quaternaire.

Tous ceux qui ont étudié les terrains pliocènes et quaternaires ont été gênés par l'indécision de la limite. C'est que dans ce cas, il s'agit non pas seulement de questions d'accolades, mais des synchronismes eux-mêmes, et très souvent les termes ont été employés sans bien se rendre compte de ce qu'ils étaient susceptibles de représenter. On pourrait citer des publications où ce qui est donné comme « Pliocène » est plus jeune que ce qui figure comme « Quaternaire ».

Ces questions ont fait de très grands progrès ; mais il n'en subsiste pas moins de sérieux écarts entre les classifications. Trois principaux systèmes peuvent présider au choix de la coupure : ou bien la placer avec l'arrivée des genres *Elephas*, *Equus*, *Bos* (Villafranchien) coïncidant à peu près avec un changement notable dans les faunes marines (Calabrien), et c'est la

1. Toutefois G. ZEIL, dans son étude théorique considère l'avancée des glaciers comme contemporaine du surcreusement des talwegs et de l'abaissement du niveau marin. Mais il ne donne aucun fait et ne paraît pas remarquer la contradiction de cette hypothèse avec les conclusions du général de Lamothe, sur lesquelles il se base exclusivement.

classification suivie par Haug dans son *Traité*. Ou bien on préférera, pour des raisons surtout stratigraphiques, laisser dans le Pliocène le Calabrien-Villafranchien, et faire débiter le Quaternaire avec la formation de la première terrasse (Sicilien) correspondant à la première glaciation (Günzien), ces équivalences étant admises : cette manière de voir est suivie par Ch. Depéret et M. Gignoux. Enfin on pourra se baser sur des modifications paléontologiques plus récentes, au nombre desquelles figurerait l'apparition de l'Homme : cette coupure, décidée par le Congrès de Londres, fut adoptée par Lapparent.

Je préférerais la seconde méthode basée sur des données stratigraphiques qui, pour ces terrains, paraissent bien plus claires que les arguments paléontologiques. On peut d'ailleurs se demander si, avec ces derniers, il ne serait pas préférable de réunir le Quaternaire au Pliocène.

Je voudrais montrer que précisément le Pliocène supérieur ainsi compris présente des caractères physiques très nets et très généraux, qui se résument en disant que cette époque fut une phase de pénéplanation caractérisée. Cette conclusion a été émise pour des régions diverses ; aucune ne paraît mieux caractérisée que l'Italie du Sud, grâce aux belles études de M. Gignoux¹ qui en a donné une description dont nous esquisserons le résumé.

Dans l'Italie méridionale et la Sicile, ce savant a montré l'existence d'un grand cycle pliocène, comprenant d'abord le Plaisancien et l'Astien, puis le Calabrien, équivalent marin approximatif du Villafranchien, et se terminant par l'établissement de plaines côtières et de surfaces d'aplanissement très étendues : le Pliocène ainsi conçu aboutit donc à l'élaboration d'une pénéplaine. Celle-ci est interrompue par la régression discontinue qui a laissé en contrebas l'étagement de plusieurs niveaux — quatre en principe — correspondant chacun à un cycle plus bref, et tout l'ensemble appartient au Quaternaire. En d'autres termes la limite du Pliocène et du Quaternaire se situe à la fin de la principale phase de pénéplanation.

Nous avons donc dans ces régions un fait géographique de la plus haute importance, et la coupure proposée correspond à un événement des plus remarquables. L'extension marine présente un contraste marqué entre le Pliocène et le Quaternaire ainsi définis, de même que les dépôts et topographies se présentent tout différemment. Gignoux a montré que dans la Calabre, le Pliocène et la surface de remblaiement qui le termine sont incli-

1. GIGNOUX, *Form. marines de l'Italie du Sud...*, *Ann. Un. Lyon*, N.S., I fasc. 36, 1913.

nés, faillés et peuvent être portés de 300 à 1000 m. ; qu en Toscane cette même surface se relève quand on approche des montagnes. Par contre les lignes de rivage ultérieures, à partir de celle de 80-100 m. (Sicilien), conservent dans leur altitude une grande uniformité, exception faite de rares territoires très limités (comme le détroit de Messine où la terrasse habituellement située vers 35 m. se trouve portée à 100 m.).

« En se plaçant au seul point de vue stratigraphique, on est amené à ranger dans le Quaternaire marin toutes les terrasses alluviales situées en contrebas des grandes surfaces de remblaiement pliocène. Les hautes terrasses (les Deckenschotter en particulier) seront du Quaternaire ancien... » (Gignoux, *Ann. Un. Grenoble*, XXIII, p. 15).

Je vais m'efforcer de montrer que ces résultats et ces vues s'appliquent parfaitement à la plus grande partie au moins du territoire français.

BASSIN RHODANIEN ET RÉGIONS ALPINES.

Dans le Sud-Est de la France, cette phase d'aplanissement au sommet du « Pliocène », si elle n'apparaît pas positivement à première vue, découle cependant de tout un faisceau d'observations. Penck et Brückner¹ ont montré que la première glaciation fut précédée par une phase d'aplanissement des régions péri-alpines, accompagnée de remblaiement de cailloutis à faune villafranchienne : ces cailloutis ont participé au relèvement rapide vers l'E. du Pliocène marin et doivent en constituer le couronnement ; ils se distinguent des cailloutis quaternaires, non seulement par leur altération, mais par leur origine et doivent provenir d'une remise en place d'éléments préexistants. Les savants français ont multiplié ces observations en leur conservant le même sens.

Sans doute bien des complications s'offrent à nous ; on a cité des étagements paraissant déceler une succession de formations fluviales. Il faut noter que certains cailloutis peuvent être plus anciens, miocènes par exemple. Il paraît nécessaire aussi d'envisager une action de certaines failles.

Le fait que les cailloutis qui près de Lyon s'étalent à 140 m. seulement au-dessus du Rhône et ceux qui le dominent de 270

1. Les Alpes françaises à l'époque glaciaire, trad. SCHAUDEL. *Tr. Lab. Géol. Grenoble*, VIII, p. 148. — Travaux de FONTANNES, DELAFOND et DEPÉRET, VILLOT, DOUXAMI, KILIAN et GIGNOUX (*Tr. Lab. Grenoble*, X, p. 27 et *CR.Ac.Sc.* 1910-11) etc.

à Saint-Rambert ont fourni le même *Mastodon arvernensis* CROIZ. et JOB. montre combien il est précaire de séparer des terrasses parallèles entre ces deux altitudes relatives; et le relèvement tectonique de ces mêmes cailloutis entre Saint-Rambert et Chambarand — plus de 300 m. sur 50 km. — suffit à nous préparer aux plus grandes variations d'altitude. Elle montre combien, pour ces niveaux élevés, la précision est difficile : elle devient illusoire lorsque les lambeaux sont réduits et isolés.

Si je rappelle ici ces données, c'est seulement pour montrer d'une part qu'il est légitime d'admettre une grande phase de pénéplation au sommet du Pliocène; de l'autre qu'il faut admettre après cette période un gauchissement notable, peut-être accompagné de failles.

Nous allons retrouver les mêmes faits dans les régions plus méridionales.

BASSE-PROVENCE.

Quand on examine par exemple du beau belvédère de Notre-Dame de la Garde¹ la ceinture de montagnes qui entoure Marseille, on reconnaît qu'elles sont enveloppées à partir d'une certaine hauteur par une surface très simple comparativement à leur découpage. La montagne de l'Étoile offre les caractères d'une pénéplation tout à fait accentuée : en avant se voit une large surface assez régulière à 300-350 m. (plateforme de la Mure), que d'étroits ravins n'altèrent aucunement, et de laquelle s'élève, très bien délimitée, la masse principale de la montagne (710 m. au Pilon-du-Roi). Si cette plateforme ne se suit pas nettement à l'E et au SE, on n'en reconnaît pas moins le prolongement de la surface topographique s'élevant, par des inclinaisons modérées, aux sommets du massif d'Allauch et de la Carpiagne, ordonnés suivant une surface peu accidentée. Mais plus au Sud, le massif de Marsihaveyre offre avec le plan de l'Homme-Mort, régulier vers 400 m., un fragment de l'aplanissement et la surface topographique se reconnaît suivant le profil de la montagne jusqu'à son sommet (432 m.).

Vers l'W la régularité est beaucoup plus grande. La plateforme de la Mure se prolonge directement sur la chaîne de la Nerte qu'elle nivelle entièrement; et le contraste de cette topographie si adoucie, d'une part avec les fortes pentes qui la limitent, de l'autre avec l'extrême complication tectonique de la

1. Un autre panorama très caractéristique, mais partiel, se voit du village d'Allauch.

chaîne est des plus remarquables. L'aplanissement rabote d'ailleurs de la façon la plus nette le Sannoisien, plissé en synclinal à la Gavotte ; il n'est affecté d'aucune faille comparable à celles qui ont haché toute la série oligocène de Marseille, intéressant jusqu'au Miocène moyen sur la côte de Sausset et dans le bassin d'Aix¹ ; le caractère relativement jeune d'une telle topographie est tout à fait manifeste.

En se poursuivant de l'E à l'W, l'aplanissement conserve sa régularité en s'abaissant graduellement : il arrive ainsi à moins de 200 m. au voisinage du golfe de Fos. Il se suit d'ailleurs dans les mêmes conditions sur les collines à l'E et au N de l'étang de Berre : nous avons affaire à un véritable plan, incliné vers l'W, sur lequel se détachent les parties les plus élevées. Un fait important qu'il convient de noter à partir du méridien du Rove, est l'apparition des petits graviers « duranciens », sinon à la surface même du plateau, du moins très peu en contrebas ; nous admettons avec Collot, qui les a signalés le premier avec précision², leur transport au cours du Miocène moyen : l'aplanissement qui, en détruisant la formation, n'en a laissé que des résidus, se trouve là encore reporté après cette date.

Ainsi l'âge post-miocène de ces plateaux est bien apparent, car le Miocène supérieur, période de grande régression très au-dessous du niveau marin actuel, ne saurait les avoir façonnés. Comme ils sont antérieurs au creusement de toutes les vallées, leur attribution au cycle *pliocène* apparaît comme la seule opinion possible.

En s'abaissant ainsi au-dessous de 200 m. à l'Ouest de l'étang de Berre, notre plateforme arrive à concorder avec un puissant dépôt de cailloutis, souvent cimentés en poudingue, reconnus comme les plus anciens qui avoisinent les embouchures du Rhône, et dont le caractère, après bien des incertitudes et des confusions, a été cette fois encore élucidé par Collot : ce sont d'une part ceux de la Crau d'Eyguières, qui descendent d'un col coté 163, échancrant la chaîne des Alpines³ ; de l'autre ceux de la Crau de Saint-Gilles, à droite du delta, qui, partant de 140 ou 150 m. s'évalent en pente assez rapide vers le Sud. Tous deux offrent de semblables caractères stratigraphiques, reposant, ainsi que l'avait

1. Les dislocations qui ont créé la cuvette d'Aix ont porté en haut de la colline des Pauvres la molasse à *Helix*, tandis que les alluvions à *Tragocerus* du Miocène supérieur les traversent sans dérangement appréciable.

2. Voir COLLOT, Pliocène et Quaternaire de la région du Bas-Rhône. *B.S.G.F.*, (4), IV, 1904, pp. 401-415.

3. Voir pour la question des Craus de Provence : J. REPÉLIN, Géographie physique des Bouches-du-Rhône, Marseille, 1914 (chap. III).

reconnu Fontannes, sur les sables et argiles de l'Astien marin comme s'ils terminaient le cycle pliocène. De fait Collot les considère comme un cône de déjections sous-marin : « Ces dépôts ont pu se faire dans la mer qui était à 180 m. ou qui venait seulement de quitter cette cote. » Cette opinion, d'ailleurs adoptée par le général de Lamothe, paraîtra tout à fait naturelle quand on considère les particularités des poudingues du Var : nous y reviendrons dans un instant. Sans doute au cours du Pliocène il a pu se produire diverses alternatives, quelques discordances assez générales : il ne semble pas qu'il y ait plus à envisager ici. Dans certains cas on peut constater que la limite du Pliocène marin et des poudingues est tranchée, sans passage graduel : ces observations n'entraînent pas la discontinuité¹. Nous attribuons donc les poudingues d'Eyguières et de Saint-Gilles au Villafranchien, sur le même horizon que ceux dont nous avons rappelé l'existence dans le Dauphiné et le Lyonnais, auxquels ils se relieut par une série de témoins.

Je pense donc qu'on est en droit de synchroniser le dépôt des cailloutis culminants des abords du delta et l'aplanissement des environs de Marseille. La morphologie de cet aplanissement doit résulter d'une part de sa disposition originelle, avec relèvement graduel en s'éloignant des côtes; de l'autre, sans doute, du gauchissement subi et qui se sera accentué vers l'E. Le rivage ancien a pu être porté suivant les points de 150 à 180 m. au-dessus du delta actuel.

Discussion. La synthèse que nous adoptons ici est en désaccord avec celle qui résulte des travaux du général de Lamothe ; un examen spécial est donc nécessaire. Ce savant propose² de distinguer dans la vallée du Rhône une nappe alluviale de 148 m., en raccordant les éléments suivants :

1° Terrasses de Générac et d'Estezargues, qui ont une hauteur voisine.

2° Cailloutis culminants près Bourg-Saint-Andéol, qui se montrent en terrasse vers 130 m. (aé.), mais que cet auteur relève d'une vingtaine de mètres, d'après l'étude de matériaux cartographiques.

3° Divers « replats » munis de maigres cailloutis aux environs de Valence.

4° Une terrasse de 145 m. de la région lyonnaise.

Il corrobore ces conclusions par un ensemble de faits cueillis sur

1. COLLOT a signalé une discordance du poudingue sur le Pliocène marin légèrement plissé à Broussan ; mais en ce point le poudingue n'appartient pas à la nappe culminante et revient à une terrasse plus jeune (niveau de 60 m. environ).

2. DE LAMOTHE. Les anciennes nappes alluviales de la vallée du Rhône en aval de Lyon. *B.S.G.F.*, (4), XXI, 1921, pp. 97-115.

les côtes les plus diverses, et qui indiqueraient des rivages voisins de 150 m. Nous ne pouvons accepter ces derniers, établis sur des replats de quelques décamètres, relevés à 100, 150 et 200 m.; on pourrait signaler bien d'autres replats, d'altitudes diverses¹, et des topographies aussi exiguës représenteront plutôt des épisodes qu'un niveau principal. Nous ne pouvons nous contenter que de topographies éten-dues et caractéristiques.

Ceci posé, y a-t-il nécessité de raccorder les quatre éléments que nous venons de citer? Je ne le crois pas. Par leurs relations, en effet, les terrasses de Générac-Estezargues me paraissent être villafranchiennes²; or, les déformations subies par cet étage dans les régions que nous étudions sont suffisamment établies pour qu'on tienne en suspicion toute synchronisation basée sur la seule analogie des altitudes relatives. Les cailloutis de Bourg-Saint-Andéol — que nous ne croyons pas, jusqu'à plus ample informé, devoir relever, vu leur allure assez apparente de terrasse — n'ont guère plus de 125 m. sur l'étiage et me paraissent se prolonger plus facilement aux environs d'Avignon par des cailloutis qui existent à 105 m. que par ceux de 150; nous avons donc l'indication de 2 nappes, dont l'inférieure est pour moi le lieu des lambeaux de Valence, lesquels d'ailleurs sont réduits, et que je prolongerai par les terrasses de 145-150 m. environ du Lyonnais.

Ainsi notre terrasse de Générac-Estezargues se trouverait isolée en amont; mais comme on ne manque pas de cailloutis élevés, son prolongement ne rencontre pas grand obstacle. Plus d'un cailloutis élevé, aux environs de Valence, pourrait être utilisé, également les cailloutis culminants de Vienne qui atteignent suivant les auteurs 215 à 230 m.; ces cailloutis ont été assimilés au Villafranchien. Nous ne pouvons absolument pas admettre qu'aucune nappe alluviale, réglée par le seul processus eustatique, soit établie à 184 m., 204 m., 242 m., etc., dans la vallée du Rhône, pas plus qu'aucun rivage correspondant sur les côtes voisines³.

CÔTE NIÇOISE.

On connaît très bien maintenant le Pliocène du bassin du Var, étudié par de nombreux auteurs, Risso, Tournouër, Depontailier, Depéret et Caziot, Gignoux, etc... Il offre une épaisse série, débutant par des marnes plaisanciennes, continuant par des sables à

1. De même qu'il y a des replats et petites terrasses à des hauteurs très variées : par exemple la 2^e édition de la Feuille de Lyon, qui est à cet égard le document le plus soigné que nous connaissions, figure des terrasses de 90-100 m., 110 m., 120 m. et 140 m.

2. Sinon, elles sont immédiatement consécutives, antérieures au rivage sicilien.

3. De tels rivages seraient d'ailleurs antérieurs au Calcaire lacustre de Marseille, dont j'ai reconnu l'ancien niveau à 180 m. et qui a fourni vers sa base une dent d'*Elephas meridionalis* NESTI : celle-ci serait d'un type villafranchien, archaïque (DEPÉRET, MAYET et ROMAN, Les Éléphants pliocènes, *Ann. Un. Lyon*, 1923, p. 145).

faune astienne, et se terminant par une masse de poudingues avec lentilles marines¹, celles-ci relevées jusqu'à 350 m. aux environs de Nice, et dont le sommet atteint 430 m. près d'Aspremont².

Je ne rappelle ces faits que pour faire ressortir l'intérêt offert par une surface topographique régulière, eu égard au relief tourmenté de la région, bordant la mer entre le Var et l'Argens : on y reconnaît une véritable plateforme 350-400 m. dont la largeur croît de 10 à 30 kilomètres, avec dans les massifs de l'Estérel et de Tanneron, qu'elle englobe, des points plus élevés ayant l'allure de buttes-témoins (616 m. au Vinaigre). Cette surface est, bien entendu, très burinée et s'évanouit si on veut la détailler ; mais elle apparaît avec une très grande netteté quand on la regarde par exemple de Grasse, qui est juste à sa limite, au pied de pentes s'élevant à plus de 1000 m. en 3 ou 4 kilomètres. La liaison de cette plateforme avec la fin du remblaiement villafranchien m'a paru manifeste et je le considère comme un élément de la pénéplation de cet âge.

BASSIN DE LA GARONNE.

J'ai proposé³ une interprétation semblable pour le bassin de la Garonne. Les buttes culminantes de la Lomagne, à gauche de la vallée, s'élèvent graduellement du N au S, depuis 250 m. au droit de Castelsarrasin, par 300 m. à Pujaudran, jusqu'à 400 m. en bordure du massif d'Aurignac. Elles offrent sur la molasse miocène nivelée un couronnement d'argiles et de cailloutis ; les éléments de ceux-ci ont la composition (rareté des quartzites brunis) et la dimension (pas plus de 12 cm.), de ceux de la molasse sous-jacente, à l'inverse des alluvions garumniennes. Ces dépôts sont parfois épais (Cox, Castelnau-Picampeau).

Le plan jalonné par ces lambeaux passe entièrement au-dessus de l'Armagnac en rasant les quelques points culminants qui, autour de Castelnau-Magnoac, offrent à 380-420 m. la même couverture.

Vers le S, il est très remarquable de constater qu'il se pro-

1. Je signalerai, dans le poudingue, un nouveau gisement avec *Chlamys pusio* L., *scabrellus* Lk., *pes-felis* L., *Amussium cristatum* BRONN, *Chenopus pes-pelecani* L., à l'Espérance, près Antibes, vers 45 m.

2. DEPERET et CAZIOR évaluent à 180 m. la cote atteinte par le dépôt marin, mais comme à peu de distance au N ce dépôt a été porté à 350 m. (TOURNOËR), cette évaluation ne saurait avoir qu'un intérêt local.

3. Voir mes CR. pour la Feuille de Toulouse, Camp. 1919-1920-1922.

longe sensiblement par la surface de base de la formation de Lannemezan, atteignant 600 m. vers cette bourgade; en quelques points (Lassalle), j'ai cru reconnaître à cette place des lambeaux du même cailloutis.

Ces vestiges sont très clairsemés; ils me paraissent cependant suffisants pour jalonner une pénéplaine antérieure au creusement des vallées, qui l'ont morcelée à l'extrême, sauf au S où la couverture de Lannemezan l'a recouverte d'un épais manteau.

Sans chercher à multiplier ces exemples, j'en prendrai un second dans le Castrais. Parmi les nombreux dépôts P figurés par Vasseur sur les Feuilles 218, 219 et 231, ce savant avait parfaitement discerné — les notices en font foi — les « argiles à graviers des plateaux », provenant d'un remaniement important des éléments tertiaires sous-jacents. Ces dépôts sont surtout développés à Moulayres, où je les ai constatés, et figurent très bien les vestiges de la couverture d'une plateforme 350-370 m., très morcelée par l'érosion, mais jalonnée par les plus hautes collines.

En aval, la même disposition se reproduit très fidèlement. Les restes de la surface topographique trahissent fort bien son abaissement général vers le NW, descendant à 200 m. à l'E d'Agen, 160 m. au-dessus du Mas-d'Agenais, jusqu'à 120-130 dans la Guyenne : on peut admettre une semblable altitude jusqu'au domaine maritime. Cette surface se montre en relations avec un terrain détritique intéressant, partiellement désigné sous les noms de « Sables et argiles à graviers du Médoc et de l'Entre-Deux-Mers » et qui offre les mêmes caractères que celui de la Lomagne : les galets se distinguent des alluvions garumniennes par leur petitesse¹ (rarement plus de 6 cm. dans ces régions) et l'abondance des quartz blancs aux dépens des quartzites plutôt rares.

Ces dépôts se voient très bien aux environs de Damazan, par exemple sur la très haute colline de Beaujardin, où j'ai constaté des parties consolidées en poudingue; près de Camelot, j'ai vu le rebord de cette formation passer en discordance sous le cailloutis garumnien du Niveau-supérieur. Dans cette région déjà, on voit ces cailloutis très anciens recouverts de façon inégale par le manteau de sables des Landes qui, à sa base, renferme les mêmes galets².

1. Au contraire les alluvions garumniennes m'ont offert des quartzites de plus de 12 cm. à Marmande.

2. Les sables des Landes ont fait l'objet de nombreuses observations dont les dernières sont de BLAYAC et de HARLÉ; je donnerai seulement mon impression

Vers l'W et le NW, la base de cette formation descend assez rapidement jusqu'à passer au-dessous de 0 ; dans le Bordelais et la Saintonge elle se présente comme un puissant remblaiement s'élevant jusque vers 130 m. L'âge pliocène de cette formation est établi par la présence de Mastodontes près de Chalais et à Coulgens¹. Nous avons donc là un important remblaiement de cet âge² : nous le terminons par la constitution de la plateforme 120-130 m., qui est pour nous une pénéplaine villafranchienne.

Nous proposons donc la synthèse suivante : dans le bassin garumnien, la puissante accumulation de sédiments miocènes, continentaux en dehors de la partie la plus occidentale, se poursuit sans interruption appréciable jusqu'au Miocène supérieur (gisement d'Orignac). Comme dans tous les autres bassins, la régression terminant le Miocène s'est fait sentir, abaissant la mer au-dessous de 0, et provoquant l'établissement d'un réseau fluvial. Les vallées de cette époque ont été remblayées par la formation pliocène discordante, sous l'influence du relèvement du niveau de base jusque vers 130 m. ; le stationnement de ce niveau à cette altitude a provoqué la pénéplanation du bassin avec constitution d'une formation de plateaux. Ce processus a été interrompu par le début de la régression quaternaire.

BASSIN DE PARIS.

J'ai indiqué dans une communication préliminaire³ la continuité de vastes plateaux partant de l'Atlantique, remontant le bassin de la Loire, le joignant à celui de la Seine et se suivant jusqu'à la Manche ; ces plateaux sont souvent à de faibles hauteurs au-dessus des cours d'eau. Cette question donne lieu à discussion avec les auteurs qui, par voie de généralisation, prétendent à faire monter les Alluvions anciennes à des altitudes

sur ce terrain, d'âges divers, et qui paraît bien provenir du remaniement subaérien (par le vent ou le ruissellement) des dépôts détritiques antérieurs, et surtout de la formation du Médoc et de l'Entre-Deux-Mers.

1. Voir WELSCH, *B. S. C. G.*, n° 133, p. 64 et *CR. somm. S. G. F.*, 1916, p. 74. On a indiqué comme se trouvant à la base de cette formation le gisement du Gurg près Soulac, presque au niveau de la mer, et discuté sur cette circonstance. Mais DEPÉRET vient de montrer que l'*Elephas* de cette localité appartenait à une forme très évoluée, postérieure au Saintprestien (voir DEPÉRET, MAYET et ROMAN, *op. cit.*, p. 154, pl. XI, fig. 5). Le gisement ne saurait donc être rattaché à la formation villafranchienne.

2. Mes conclusions sont jusqu'en ce point conformes à celles antérieurement émises par CHAPUT (*Terr. all. Loire*, p. 261).

3. DENIZOT. La pénéplaine inférieure du bassin de Paris. *CR. Ac. Sc.*, CLXX, p. 600.

beaucoup plus considérables. Je la reprends dans un mémoire détaillé consacré à ces régions, et auquel je renvoie.

La pénéplaine ainsi constituée se présente comme le couronnement du Pliocène de la Basse-Loire qu'elle limite vers la cote 100 ; contrairement à des assertions aventurées, il n'existe pas jusqu'à ce jour d'argument pour faire monter plus haut ce terrain. Les plateaux qui s'étendent vers l'E ne se trouvent que vers 160 m. sur le plateau de Beauce joignant les bassins de la Seine et de la Loire, et l'on a des altitudes semblables dans le bassin de la Seine et le Nord de la France, où les relations avec le Pliocène sont peut-être plus complexes, mais non dissemblables.

Nous attribuerons donc à l'aplanissement terminant le cycle pliocène les moins élevés des grands plateaux du bassin de Paris.

La figure ci-dessous représente, d'après ces données, le diagramme des déplacements relatifs de la surface marine à l'embouchure de la Loire.

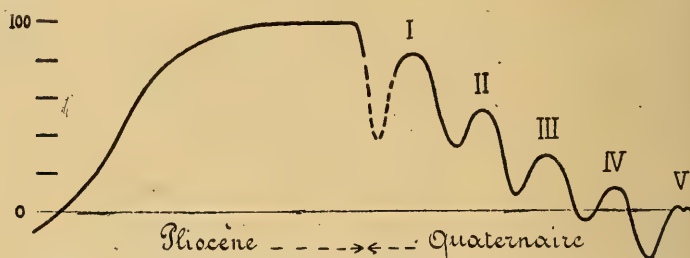


FIG. 1. — DIAGRAMME DES MOUVEMENTS RELATIFS DU NIVEAU MARIN VERS L'EMBOUCHURE DE LA LOIRE

Enfin, l'extension de la pénéplaine jusqu'au cœur du Massif Central paraît établie ; Briquet a fait dans cette région des observations importantes, que j'utiliserai par ailleurs.

LE CAS DU SAINTPRESTIEN.

Ainsi nos conclusions sont applicables à tout le territoire français : partout le Pliocène débute au-dessous du niveau marin actuel et se montre constitué d'un remblaiement ; son achèvement est en relation avec une grande phase de pénéplanation, partagée en bassins conformes à l'hydrographie actuelle, mais de caractères uniformes. Nous terminons le Pliocène à l'instant où débute le creusement des vallées, creusement discontinu, dont les divers épisodes remplissent l'époque quaternaire.

Où se place, dans cette histoire, le Saintprestien¹? Suivant notre méthode nous le mettrons dans le Pliocène ou dans le Quaternaire, suivant qu'il sera antérieur ou postérieur à la phase de pénéplanation.

Dans mon mémoire sur la région orléanaise, je montrerai combien le gisement de Saint-Prest est réfractaire à l'observation stratigraphique. Il ne saurait aucunement définir un étage, ni même un terme de quelque valeur que ce soit; il n'offre pas autre chose qu'une faunule conservée dans une poche sableuse, privée de toute relation. Il ne saurait par lui-même nous éclairer.

L'étude des Mammifères a montré à Depéret et à ses collaborateurs que l'horizon paléontologique de Saint-Prest se retrouvait en d'autres régions; et c'est à ces régions qu'il paraît opportun de faire appel pour éclaircir la position réelle de la station éponyme. Je reprendrai cette question, indiquant seulement que l'hypothèse d'un remblaiement « saintprestien » autonome, distinct de celui du Villafranchien, comme de celui du Sicilien, n'est pas nécessaire; et que si notre horizon paraît réellement postérieur au premier, il pourrait très bien être situé dans les parties profondes du second.

En d'autres termes, le Saintprestien reviendrait au début du Quaternaire. J'estime que la question est secondaire: elle porte sur la position exacte de quelques gisements d'âges voisins, elle n'atteint pas les principes mêmes de notre classification stratigraphique.

III. — Le Niveau inférieur et le cycle récent.

La constitution du fond des vallées est comprise tout différemment suivant les auteurs. En général, les cartographes distinguent en a¹ (Alluvions anciennes) la presque totalité des dépôts fluviaux; ils ne séparent comme a² (Alluvions modernes) que ce que l'on peut voir se constituer sous nos yeux, et tout au plus les dépôts de l'époque historique: ce seront donc les alluvions du lit même et les limons de débordements. C'est ce qui a été fait le plus souvent dans le bassin de Paris, par exemple autour de la capitale; c'est aussi la notation suivie pour la plupart des régions montagneuses.

La désignation d'Alluvions récentes apparaît bien dans quelques publications, comme représentant en somme un groupement intermédiaire. Par exemple Savornin, dans son excellent mémoire

1. DEPÉRET, 1906. Voir: DEPÉRET, MAYET et ROMAN, *op. cit.*, p. 58 et p. 150.

sur l'Ariège¹, discerne un groupe des « Alluvions récentes a² » et note tous ses caractères essentiels. Dans d'autres régions on a souvent noté des terrasses entre le Bas-Niveau et les Alluvions modernes : en particulier Depéret en a signalé entre 5 et 8 mètres, dans nos régions méditerranéennes : mais il paraît les considérer comme exceptionnelles et les raccorderait à un rivage de cette altitude.

Dans quelques communications sommaires, j'ai indiqué l'opportunité de distinguer en contrebas et en totale indépendance de la Basse-Terrasse, un niveau d'Alluvions récentes ou Niveau-inférieur², homologue des niveaux d'Alluvions anciennes. J'ai indiqué que ces alluvions, constituant le fond de nos vallées, ne sauraient être confondues avec de simples produits modernes, et qu'elles correspondaient à un cycle achevé, hormis les limons des crues actuelles qui peuvent les recouvrir.

Je vais développer cette notion.

BASSIN DE LA GARONNE

C'est dans les vallées de la Garonne et de l'Ariège que nous allons trouver nos exemples les plus typiques. En effet, le seul examen des cartes géologiques, publiées par Vasseur et ses collaborateurs, suffit pour mettre en évidence les faits essentiels.

En examinant l'ensemble des feuilles de l'amont de Toulouse, on reconnaît sans ambiguïté la Basse-terrasse (d² de Leymerie, a^{1c} des feuilles, 4^e terrasse d'Obermaier). Au-dessous on suit une plaine très régulière de 3 à 6 kilomètres, dont la notation varie sans en masquer la continuité.

Vasseur avait dénommé cette surface « Basse plaine, partiellement recouverte par les Alluvions modernes³ ». Sur la feuille de Toulouse, il la note a² en séparant, d'après la crue de 1875 : a^{2a}, parties non recouvertes par les crues⁴. Sur la feuille de

1. SAVORNIN. Systèmes de terrasses de l'Ariège et de ses affluents. *B. Serv. Carte Géol. Fr.*, n° 104, 1905. L'auteur sépare 3 niveaux : a², représente nos alluvions actuelles, désignées sur la Feuille correspondante (242 Pamiers) a^{2b} ; a^{2c}, correspond à nos alluvions récentes (a^{2a} et a^{1c}-a^{2a}, F. 242) ; mais a^{2a} du mémoire (a^{1d}, F. 242) est rattaché par nous au Bas-Niveau.

2. L'évaluation de 5 m. que j'ai donnée (*CR. som. S. G. F.*, 1921, p. 113) était relative aux environs de Nice, et ne s'applique pas aux autres parties de la côte, les traces d'altitudes conformes relevées en quelques points devant en réalité être séparées du Niveau-inférieur. De ce fait la suggestion que j'envisage (p. 114, lignes 14 et 15) n'a plus de raison d'être.

3. Il désignait la terrasse a^{1c} comme « Terrasse inférieure » mais il ne subsiste aucun doute sur la signification de ce dernier niveau qui, à Toulouse, surmonte l'étiage de 22 mètres.

4. Il distingue aussi un « a² a¹ » qui est peu compréhensible.

Pamiers, cette distinction devient celle de deux formations, et individualise « une véritable terrasse (a^{2a}) au-dessus du fond même de la vallée (a^{2b}) » ; en même temps, dans la vallée de l'Ariège, la notation de la première devient graduellement, sans contour, a^{1c} - a^{2a} , puis a^{1c} (la désignation a^{1d} étant prise par une terrasse spéciale que l'on croyait indépendante de a^{1c}). Enfin en remontant sur la feuille de Saint-Gaudens, Vasseur se trouvait dans l'impossibilité de continuer cette méthode ; il s'exprime en ces termes : « Dans la vallée de la Garonne, la Basse plaine a^{1d} ne peut plus être notée a^{2a} comme sur la feuille de Pamiers. Il n'est pas possible en effet, de considérer comme une Alluvion moderne une formation qui domine d'une vingtaine de mètres les dépôts actuels de la Garonne..... Cette différence de niveau s'atténue, il est vrai, notablement en aval et particulièrement en amont, où la notation a^2 - a^{1d} a semblé parfois nécessaire.

Examinons la « Basse-plaine » en question : il est facile de la définir. Elle forme une plaine régulière que suit constamment la voie ferrée entre Toulouse (bifurcation d'Empalot) et Boussens : il suffit de se déplacer sur cette ligne pour être convaincu de son unité ; de plus on voit constamment sur sa droite le rebord régulier de la terrasse a^{1c} (Terrasse inférieure Vasseur, notre Basse-terrasse) et des mesures, corroborées par l'examen des cotes des cartes, montrent que la distance de ces deux niveaux se tient partout entre 10 et 13 mètres, ce qui confirme cette unité.

Ce qui constitue la variété locale de cette plaine, c'est ce fait, explicitement reconnu par Vasseur, que sa hauteur sur la Garonne varie beaucoup. Aux environs de Toulouse elle est de 7 à 9 m., et la plaine se trouve ainsi partiellement atteinte par les crues ; en amont elle croît graduellement, devient déjà 12 m. à Muret, et finit à Cazères par avoir environ 22 m. ; la « Basse-plaine » n'est alors plus du tout inondable. Puis en traversant le massif rocheux d'Aurignac la hauteur diminue, se réduit à 10 m. et conserve cette valeur de Saint-Gaudens à Montrejeau.

L'Ariège offre identiquement la même disposition ¹ : sa plaine inférieure se surélève graduellement à une vingtaine de mètres (Pamiers) puis traverse le chaînon du Plantaurel et s'abaisse à 8-10 m. à Foix.

Ainsi nous voyons les deux caractères fondamentaux se dessiner : la « Basse plaine » offre une parfaite unité, et se montre très indépendante des phénomènes actuels. Ses alluvions com-

1. SAYORNIN l'a notée et même exagérée. La plaine récente ne s'abaisse pas en aval de Pamiers jusqu'à confluer avec les alluvions modernes : à Auterive, elle a encore 13-14 m. sur l'étiage.

prises entre les Alluvions anciennes et les Alluvions modernes et se distinguant des unes et des autres, deviennent pour nous les Alluvions récentes ; elles ont une épaisseur comparable à celle des alluvions de la Basse-terrasse — une quinzaine de mètres, parfois plus peut-être — et ont donc droit de figurer un véritable niveau homologue, couronnement d'un cycle complet de remblaiement fluvial : c'est notre *Niveau inférieur* ¹.

Sans doute, une partie de cette surface est inondable ; mais ici comme pour la Loire, je ne pense pas que les crues puissent modifier sensiblement la disposition des alluvions, se bornant à déposer un peu de limon de débordements, d'un caractère assez différent, et souvent mal distinct des limons subaériens. Il y a certes un très grand intérêt à marquer sur les cartes la limite connue de ces inondations ; mais il n'y en a pas à changer de ce fait la notation de la masse elle-même des alluvions. Ce contour est en effet à la merci d'une nouvelle inondation, qui pourrait dépasser la plus forte crue connue ; en même temps il n'est pas sans offrir un caractère artificiel, l'extension de toute crue étant gênée et modifiée par les constructions diverses. Il me paraît donc préférable de ne marquer la surface inondable que par la surcharge d'un contour.

Si maintenant nous descendons en aval de Toulouse, la question se simplifie parce que le Niveau inférieur est en principe entièrement inondable ; en effet, le creusement du fleuve diminue, il n'est plus que de 7 m. dans l'Agenais, 5 m. à Marmande : la plaine inférieure aboutit autour de la Gironde à la cote 3.

Dans cette partie terminale, le remblaiement récent a une grande épaisseur ; on sait qu'il part d'un fond de vallée submergée, descendant entre — 30 et — 40 mètres.

Examinons maintenant les alluvions qui sont postérieures au Niveau récent : nous leur restreignons le terme d'« Alluvions modernes » justifié en ce sens qu'elles ne paraissent guère remonter au delà de l'époque protohistorique. Mais nous ne comprenons pas seulement sous ce titre celles des alluvions qui peuvent être remuées sous nos yeux. Il en existe d'autres, qui pour être fixées, du moins temporairement sont elles aussi postérieures aux alluvions récentes. De beaux exemples se voient autour de Cazères et là encore il suffit de se référer aux tracés

1. Ces vues sont esquissées par moi dans mes comptes rendus au Service de la Carte, camp. 1919 *sqq.* J'y ai indiqué que le changement de notation en amont de Martres, où le Niveau inférieur redevient a², ne correspond qu'au passage sur la section d'un autre collaborateur.

si fidèles de Vasseur sur la feuille de Saint-Gaudens : au-dessous de sa « Basse-plaine a^{1d} » ce savant a figuré de petites plaines alluviales plus ou moins limitées, bordant plus ou moins directement le fleuve ; l'étendue totale de ces atterrissements n'excède pas 1 km. Je les ai retrouvés très bien à Saint-Gaudens, où je les ai figurés¹ comme de minuscules terrasses en contrebas du Niveau inférieur (9-10 m.), formant gradins à 6-7 m. et 2-3 m. au-dessus de la Garonne. Ce sont les témoins d'épisodes laissés au cours du creusement consécutif à l'établissement du Niveau inférieur, creusement qui, de toute apparence, se manifeste encore de nos jours². Nous serions donc au début d'un nouveau cycle, et ces atterrissements modernes méritent très bien la qualification d'interstadias.

Cette disposition se retrouve également en aval, et se voit aussi dans les sections où le Niveau inférieur est inondable : par exemple à Grenade.

Il se peut d'ailleurs que certains de ces atterrissements, les plus élevés, appartiennent à des profils partiels convergeant en aval avec le Niveau inférieur : ce pourrait être le cas pour ceux de Cazères, de même que nous reconnaitrons autour de Toulouse un niveau secondaire un peu plus bas que le Bas niveau mais finissant par se souder à lui en aval. Cette disposition ne ferait donc que renforcer l'analogie.

CÔTES MÉDITERRANÉENNES

J'ai montré l'existence sur les côtes de la Basse-Provence³ d'une ligne de rivage antérieure à la domination romaine, un peu plus élevée que l'actuelle, mais bien distincte du Bas-Niveau, situé à 9-10 m. sur les mêmes côtes⁴. Je vais reprendre et compléter ces observations et les étendre jusqu'à Nice.

Embouchures du Rhône. — Le sous-sol de la Camargue⁵ est constitué par des vases coupées de lits marins et de lits fluvia-

1. Cf. *Bull. Géogr.* XXXIII, fig. 3, p. 61.

2. L'abaissement de l'étiage est reconnu dans la vallée de la Garonne (HARLÉ, 1899). Nous n'entamons pas ici la recherche des causes de ce phénomène, mais nous notons qu'il n'est pas favorable à l'hypothèse d'un relèvement actuel du niveau marin.

3. DENIZOT. Les dernières variations du niveau marin sur les côtes de la Basse-Provence. *CR. Ac. Sc.*, CLXXV, 1922. p. 41. — Je rappelle que les altitudes sont exprimées en mètres et rapportées au zéro N. G. F. (+ 0,33 de l'échelle du Fort Saint-Jean).

4. Et non 18-20 m. comme on l'admet ; je m'expliquerai ultérieurement sur ce point.

5. Voir : REPELIN, *op. cit.*, chap. II. DE LAMOTHE, *B.S.G.F.*, (4), XXI, p. 100, 1921.

3 avril 1924

Bull. Soc. géol. Fr. (4) XXIII. — 27

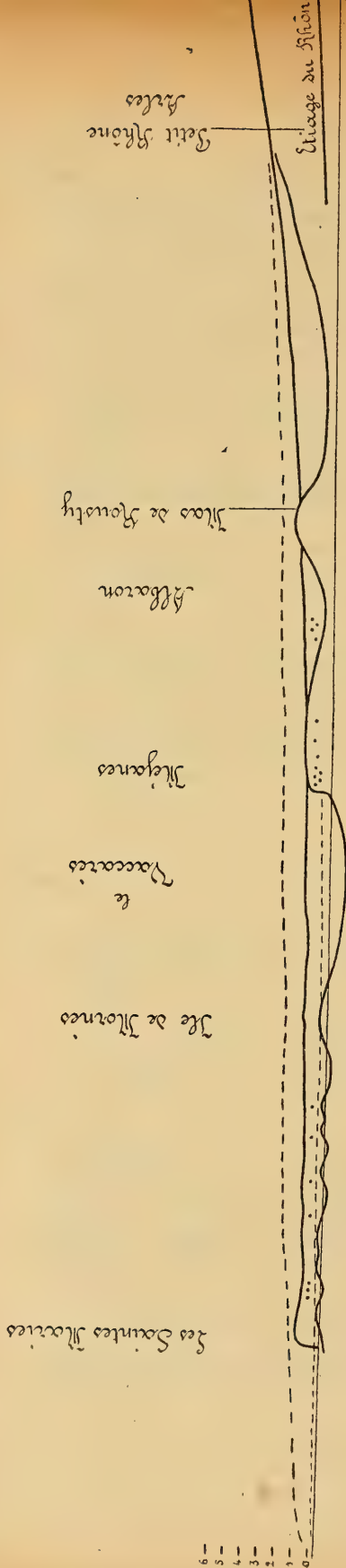


FIG. 2. — COUPE DE LA CAMARGUE suivant le méridien du Mas de Rousty et profil des surfaces à l'W. En trait interrompu, profils des alluvionnements maximal et minimal du Grand-Rhône. En pointillé : faciès marins. Longueurs à 1/160000. (Le trait horizontal représente le zéro maritime. Les dunes ont été omises).

GEORGES DENIZOT

tiles, œuvre d'un remblaiement qui a commencé avec un niveau bien plus bas que l'actuel : les sondages étudiés par le général de Lamothe lui ont montré la présence de tourbe par -27 m. à Méjanès, paraissant donner une limite supérieure du niveau initial.

La surface du remblaiement offre une allure remarquable, que j'ai indiquée sommairement.

Au lieu de partir de 0 pour s'élever graduellement, les vases bleuâtres de Camargue constituent dès le rivage une assez large surface subhorizontale, très nette aux Saintes-Maries à 1,3 et se tenant entre 0,9 et 1,3 aux bords E, N et W du Vaccarès. C'est dans l'ensemble une plaine alluviale, avec, par places, des amas de coquilles fluviales ou lacustres ; mais les intercalations marines, bien connues au-dessous du niveau marin actuel, se continuent au-dessus jusqu'à l'extrême sommet du remblaiement. Je les ai observées çà et là auprès des Saintes, et surtout au quartier de Méjanès. Au SE de la Tour signalée, le talus bordant le Vaccarès offre ces intercalations : à la faveur de travaux d'agrandissement de canaux de drainage, j'ai relevé en 1922 une petite coupe probante, montrant dans ce talus la vase de Camargue avec de petites lentilles à *Paludestrina acuta* DRAP. et d'autres à *Car-*

dium edule L. Celles-ci ne sont pas localisées au rivage : je les ai retrouvées à Combet près Albaron, à 5 km. de là et à 1 km. du Petit-Rhône ; elles s'élèvent en ce point pour le moins à la cote 1.

Cette surface « récente » n'est pas régulière, mais son caractère réside dans la hauteur atteinte par ces lentilles marines. Si par la pensée on relevait de 1 m. le niveau marin, elle se montrerait en partie submergée, offrant tout à fait l'allure que présentent, de nos jours, au S du Vaccarès, les îles et radeaux qui le séparent de la mer et s'élèvent à peine à quelques décimètres.

Vers le N, à partir d'une ligne d'Albaron à Montmeillan, le tableau change. Les surfaces offertes en dehors des marais par la vase de Camargue exclusivement fluviatile, s'élèvent suivant une pente régulière de la cote 1,5 à celle 4,5, atteinte à Trinquetaille, point de divergence des branches du Rhône.

En ajoutant les appareils littoraux, cordons et dunes, ainsi que les bourrelets alluviaux de 1 à 2 m. escortant les rives des deux Rhônes, nous aurons complété cette rapide esquisse qui traduit l'avancée et l'abaissement combinés du delta. J'admets que le littoral initial était reporté sur la face N du Vaccarès, et relevé de 1 m., reproduisant à l'époque l'aspect qui se présente aujourd'hui plus au S ; le marais de la Grand-Mer offre bien comme il a été signalé, l'allure d'un ancien Vaccarès, avec son cortège d'anciens cordons littoraux¹. C'est de ce niveau surélevé, et non du niveau actuel, qu'il convient de faire partir la plaine récente du Rhône, cotant 5 m. à Arles.

Cet état ancien est antérieur à l'époque romaine qui a laissé des vestiges en contrebas sur les bords du Vaccarès. La phase moderne y est représentée par une plage de coquilles de *Cardium edule* L. mêlées par endroits de poteries roulées, au pied de la minuscule falaise taillée dans les dépôts récents ; quelques paquets de même composition sont parfois projetés à une faible hauteur. Sur la côte des Saintes, la distinction du Récent et de la plage actuelle est tout aussi absolue.

Dans la disposition actuelle, les phénomènes estuariens sont

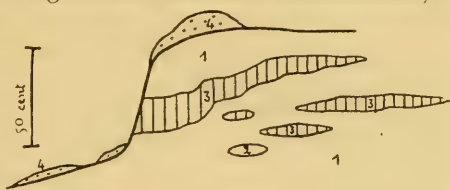


FIG. 3. — CROQUIS D'UN FOSSÉ ENTAILLANT LA BERGE DU VACCARÈS AU SE DE MEJANES. 1 Vase de Camargue. 2 Lentille à Paludestrines. 3 Intercalations à *Cardium*. 4 Amas de coquilles actuelles.

1. REPELIN, *op. cit.*, p. 56 et p. 72.

à peu près localisés à l'embouchure du Grand-Rhône, qui édifie un delta partiel dont le sommet se situe vers le Mas-Thibert.

Golfe de Fos. — Au S de la pointe Beaumassais, la molasse miocène est aplanie, entre 1 et 1,5 m. sur plusieurs hectares et supporte un mince dépôt à coquilles marines, bien distinct des cordons littoraux actuels. Au N de la pointe, il passe à un sable argileux gris, marin, descendant au-dessous de 0 et s'élevant à 1,3 m. ; un lambeau de même nature existe à l'E de la pointe Saint-Gervais. Ces dépôts qui constituent le substratum de divers restes gallo-romains, ne renferment pas les débris de poteries de cet âge qui abondent sur les plages actuelles.

Par contre il faut affecter à la période « moderne » les restes gallo-romains de Saint-Gervais et du Pont-du-Roi, aussi intéressants que mal connus. Les substructions noyées, sous 6 et 8 m. d'eau, ne sont que légendaires ; je n'ai pu retenir que la présence de fonds de bassins creusés dans la molasse de la pointe Saint-Gervais et descendant à la cote — 0,4 : ils pourraient indiquer un niveau, à l'époque romaine, moins élevé qu'aujourd'hui¹.

Étang de Berre. — Au SW de Marignane, la rive de l'étang de Bolmon est longée, sur près de 2 km., par un talus couronné, à 0,8 m., d'une plage de graviers bien roulés et coquilles brisées (*Cardium edule* L. prédominant), comme il s'en constitue de nos jours sous quelques décimètres d'eau. Vers Patafloux, la surface se relève un peu et l'on passe à une argile bleuâtre, retenant à 1,6 m. un petit niveau d'eau sous les éboulis, mais qui ne m'a fourni que des débris d'ailleurs rares de coquilles terrestres².

Au N de Marignane, une semblable plage se voit vers 1 m. à la Bastide Leths et constitue la partie adjacente du Jaï (Cette flèche offre l'allure d'une dune à partir de la Petite-Bourdigue).

A Merveille (à droite de l'Arc), Collot³ a décrit un dépôt marin dominant l'étang de 1,35 m., couronné d'une alluvion torrentielle sur laquelle est fondée une muraille gallo-romaine.

Marseille. — Les observations faites en cette ville sont problématiques. Je rappelle seulement que le débouché de la plaine de l'Huveaune fixe un maximum de 2 m. au relèvement du niveau récent.

Hyères. — La plus grande partie de la plaine d'Hyères est comblée de faciès continentaux qui arrivent jusqu'aux Salins. Mais il existe au bord W de la rade, à l'Almanarre, des

1. Je reprendrai ces questions dans une monographie de Fos en préparation.

2. Un tel dépôt se constitue actuellement en bordure de l'étang de Bolmon.

3. B. S. G. F., (3), X, p. 333.

dépôts marins¹. J'ai reconnu là deux cordons de graviers marins très roulés, étagés respectivement à 2 m. et 3,5 m. ; le plus bas est actuel, se constituant sous nos yeux, mais l'autre est fixé, hors d'atteinte de la mer : il peut correspondre à un niveau plus élevé que l'actuel, de 1 à 2 m.

Fréjus. — Au S et à l'E de la ville, on observe de superbes plages récentes, dont la surface est actuellement entre 2 et 2,5 ; l'une et l'autre m'ont fourni (400 m. SE station du Sud, et route de Saint-Raphaël) des coquilles marines d'espèces actuelles (*Cardium edule* L., *Donax trunculus* L., *Murex brandaris* L. etc...) et la seconde des galets marins. Vers l'W, la première plage passe à la plaine alluviale de la vallée de l'Argens, qui ne tarde pas à surmonter le fleuve à l'étiage de plusieurs mètres. Entre ces deux plages s'étend l'ancienne « lagune de Fréjus », comblée en son fond par un dépôt rougeâtre non marin, situé à la cote 1,5 ; ce dépôt moderne s'abaisse vers le littoral près duquel il devient marin en passant à la dune actuelle.

Ces deux formations sont parfaitement distinguées sur la seconde édition de la Feuille d'Antibes, sous les notations a^{1e} et a² ; nous devons seulement étendre le dépôt marin « a^{1e} » sur la rive droite du ruisseau « le Cougoudier » jusqu'au pont de la ligne du Sud.

La plage récente de droite est le substratum d'une partie de la citadelle romaine et de l'ensemble des murs antiques qui se suit sur son bord jusqu'au pont de la ligne du Sud, avec le curieux monument dit « Lanterne d'Auguste ». En considérant comme ouvrages d'un port ces constructions, nous sommes d'accord avec les archéologues qui situent dans la lagune le port romain, édifié postérieurement aux plages récentes et comblé par les dépôts actuels continentaux.

Côte d'Antibes au Var. — Cette côte présente sur un développement de 11 km. une bordure de dépôts récents et modernes ; on suit avec une grande continuité deux cordons littoraux étagés. Le premier, bordant le rivage, est actuel et s'élève à 4 m. environ. Il est plaqué contre un cordon antérieur, qui atteint jusqu'à 9-10 mètres².

En arrière de ce cordon, on trouve vers 5 m. une belle plaine littorale de quelques centaines de mètres. Cette plaine se prolonge à la même altitude, mais en prenant un caractère fluvial,

1. Observation faite sur les indications de M. RAMBERT, professeur au Lycée de Toulon.

2. En beaucoup de points cette disposition est aujourd'hui modifiée ou détruite par l'Homme.

dans les vallées de la Brague, du Loup et de la Cagne : c'est un superbe représentant du niveau récent, bien distingué sur la nouvelle Feuille d'Antibes (a^{1c}).

Le caractère marin de la plaine récente est attesté par la forme de ses galets et par la présence de coquilles marines. La première édition de la Feuille d'Antibes en signale « le long du littoral, au N. d'Antibes ». J'ai trouvé un gisement à gauche de l'embouchure de la Cagne, immédiatement en arrière du cordon actuel : la berge constitue un beau talus de 4 à 5 m., formé de gravier marin stratifié subhorizontalement, et qui m'a fourni

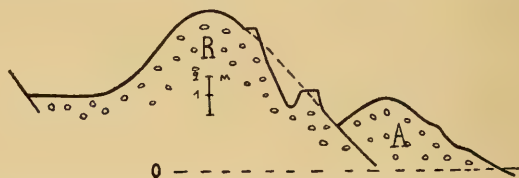


FIG. 4. — CORDONS LITTORAUX, RÉCENT (R) AVEC VOIE FERRÉE ET ROUTE, ET ACTUEL (A) AU N DU FORT-CARRÉ D'ANTIBES.

des débris de Vénérîdés à 3 m. de haut : cette structure montre qu'on a bien une plage et non un dépôt formé au-dessus du niveau marin.

Ces cordons et plages récents ne peuvent s'être édifiés qu'avec une mer relevée de 4 à 5 mètres.

Nice. — La plaine étroite, qui, vers 4 m., borde la mer entre les atterrissements du Var et Sainte-Hélène offre l'allure d'une plage fossile. Il est probable que la plus grande partie du substratum de la ville appartient au même niveau, marin vers le littoral, et devenant continental vers l'intérieur.

Ainsi nous suivons depuis le Rhône jusqu'à Nice une série de traces marines de même signification, mais s'élevant graduellement de 1 m. à 4-5 m. Nous réservons l'explication de ce relèvement.

De semblables traces se sont révélées à moi sur la côte languedocienne : je les décrirai ultérieurement, indiquant seulement la probabilité du rivage à 1-2 m. sur la plus grande partie de la côte. De ce rivage partent les plaines alluviales qui s'élèvent très vite : ainsi pour l'Aude, la hauteur est déjà de 3 m. sur l'étiage en aval de Coursan, et plus en amont se fixe vers 5 m. jusqu'à Carcassonne. Aussi comprendra-t-on que la « très basse terrasse » a^{1c} indiquée sur la Feuille de Perpignan, à 4-5 m. sur l'Agly à l'amont de Rivesaltes, n'est pas autre chose que le Niveau inférieur, dont la hauteur frappe davantage, parce qu'il surplombe

le fleuve ; j'ai constaté qu'il n'y a ni ressaut, ni solution de continuité pour passer de ce « a^{1e} » au « a^2 » porté du côté aval¹.

BASSIN DU RHÔNE

Dans la vallée du Rhône, le Niveau inférieur est net, bien qu'il n'ait pas été respecté. Fontannes admettait dans la section d'aval (Feuilles 222 et 210 de la Carte géologique) une distinction en a^2 et a^1 qui ne correspond à aucune démarcation importante ; le tout doit être rassemblé, abstraction faite de quelques lambeaux d'alluvions anciennes qu'il n'a pas individualisés. Sur les feuilles 198 et 187, Depéret rétablit les faits en notant a^2 la totalité de nos Alluvions récentes, plus les modernes ; mais par la suite, de Lamothe a préféré figurer autour de Valence des terrasses secondaires sans continuité. La nouvelle Feuille de Lyon paraît adopter une interprétation semblable. Je vais prendre quelques exemples, montrant qu'on a en réalité une large plaine très uniforme, plus ou moins élevée au-dessus de l'étiage actuel.

Dans la région d'Avignon, cette plaine est à 5 m. sur le Rhône ; elle borde le fleuve (Villeneuve) ou bien en est séparée par des alluvions modernes. En remontant jusqu'au défilé de Donzère, on voit cette hauteur s'élever graduellement à 7-8 m.². La plaine est d'une grande régularité ; mais si on se dirige à l'est, on rencontre le débouché de nombreux affluents plus ou moins torrentiels, et la surface se relève en prenant un caractère non rhodanien³.

A Valence, la hauteur de 11 m. qui a surpris les observateurs n'est qu'en faible augmentation sur les précédentes, et cette augmentation est graduelle. Il y a simplement un beau niveau récent, non pas localisé et secondaire, mais continu en aval comme en amont et d'importance primordiale ; en contrebas sont des atterrissements d'alluvions modernes.

La nouvelle feuille de Lyon distingue entre la Basse-terrasse (a^{1d}) et les Alluvions modernes (a^2), une « très basse terrasse de 10 m. au plus, a^{1e} » excessivement localisée et rattachée à un stade glaciaire postwürmien. Ce serait un membre de nos

1. Il convient d'interpréter de même les terrasses a^{1e} de la Têt (feuilles 254 et 255).

2. Exemples : Récent à la gare de Bollène, 41,5 ; étiage de Pont-Saint-Espirit, 37,4. — Récent à Pierrelatte, 55,5 ; étiage de Bourg-Saint-Andéol, 46,4 (Pierrelatte se projette à 1,5 km. en amont, pente du Rhône, 0,72 m.-km.).

3. Voir la Description de la Plaine du Comtat, par JOLBAUD, *Mém. S. Lin. Provence*, 1910.

alluvions récentes ; mais celles-ci sont beaucoup plus étendues. Ainsi la terrasse de Sainte-Colombe en face Vienne, qui porte la notation a^{1d} , est à 153 m., soit 8 m. aé. ; elle correspond exactement à la plaine inférieure de Loire, notée a^2 , qui est à 155-156 m. c'est-à-dire à la même hauteur¹. Dans la section examinée, il faut donc grouper a^{1d} et la plus grande partie de a^2 en une belle terrasse récente, d'ailleurs continue, et séparer le reste de a^2 comme véritables Alluvions modernes. Les terrasses a^{1e} paraissent donc se relier à ce niveau récent.

Si l'on remonte les vallées affluentes, on suit tout aussi bien cette terrasse récente continue. Dans la vallée de la Durance, elle est notée a^{1e} sur les Feuilles 211 et 212 ; la « terrasse inférieure » de 7-8 m., bien caractérisée à Sisteron, passe près de Gap à une moraine « postwürmienne » et dans la vallée du Buech il existe une terrasse équivalente à 7-10 m. (Kilian, 1922). Dans la vallée de l'Isère les faits sont plus complexes ; il y a plusieurs épisodes glaciaires postwürmiens, et à chacun d'eux paraît correspondre un niveau fluvial secondaire : mais l'important pour nous est de constater l'existence de ces formations après le Bas-niveau würmien. Comme il paraît hors de doute que les choses se simplifient en aval, nous reconnaissons un cycle récent, qui, par sa jeunesse même, se prête à une analyse plus fine que ne le font les cycles antérieurs. L'existence de niveaux secondaires partiels ne saurait nous surprendre.

BASSIN DE LA LOIRE.

Dans mon premier mémoire sur ce bassin², j'ai donné des détails assez étendus sur la partie comprise entre l'embouchure et le confluent de l'Allier. J'ai montré, par quelques coupes, que les alluvions du fond de la vallée avaient une allure très régulière : leur épaisseur est du même ordre que celle des alluvions des terrasses anciennes.

Le point le plus important est la présence sous l'embouchure actuelle, ainsi qu'au débouché des fleuves côtiers voisins, de fonds de vallées submergées, et remblayées d'alluvions récentes, reconnues par de nombreux observateurs (Kerviler, de la Noë, Barrois, Ferronnière, etc.). Les talwegs de ces vallées, dont la plus importante est conforme à l'estuaire actuel, partent au voi-

1. Ces altitudes sont directement basées sur les repères de la voie ferrée qui passe sur ces terrasses. Cotes d'étiage : Vienne, 144,9 ; Givors, 149,1 (distance, 10,1 km., Loire est à 2,9 en aval de Givors).

2. Les alluvions..., *op. cit.* (coupes, fig. 1 à 5 et schéma fig. 6).

sinage de la cote — 25 à — 30, et donnent une évaluation de la régression qui a constitué la première partie d'un *cycle récent*. La réalité de la phase de relèvement du niveau à l'époque récente est attestée par tout un ensemble de faits, comme les tourbes immergées des côtes bretonnes (Barrois, Cayeux, 1906).

Enfin le sommet du remblaiement se situe avec une grande régularité à la cote 3, atteint seulement par les marées de grande amplitude.

Le même niveau se retrouve sur les côtes, représenté par des cordons de galets un peu surélevés : Barrois, Boissellier, Fer-ronnière en ont donné plusieurs exemples. Je vais seulement insister sur le cas très intéressant des environs de Guérande.

M. Chevalier¹ a décrit auprès de Mesquer des formations marines qu'il répartit en deux niveaux, à 3,5 et 1,25 m. *au-dessus des plus hautes mers*. Je proposerai l'interprétation suivante. D'abord je met-trai de côté la plage de l'W de Quimiac qui atteint près de 7 m. et se relie peut-être aux Alluvions anciennes s'élevant à 12 m. Les autres dépôts entourent la baie de Kerkabellec : au lieu de deux plages vers 6,6 et 4,35 m., je n'y ai vu qu'un seul cordon littoral en arc, à peine échancré, atteignant 7 m. et offrant des coquilles marines à diverses hauteurs². En arrière de ce cordon, la plaine est régulière à 3 m. J'at-tribue cet ensemble au Récent, correspondant à un niveau de la mer relevé, par rapport à l'Actuel, d'une quantité de l'ordre de 2 mètres.

Les dépôts modernes, indépendants du Récent, ont quelque importance et j'ai été amené à compléter quelques-unes de mes indications antérieures³, en fixant la fin du Récent au plus tard à l'époque du bronze (trésor de Saint-Genouph près Tours, position de certains dolmens en Vendômois), et en séparant un épisode moderne. Ce dernier présente une régression vers l'époque gallo-romaine (constructions de cet âge au niveau de l'étiage à Saumur et à Tours) suivie d'une petite transgression parallèle à celle du Nord, et que j'avais d'abord admise comme le couronne-ment du cycle récent.

En somme, depuis une époque reculée, les changements de niveau sont sensibles, mais très faibles dans l'Ouest de la France : je crois pouvoir leur assigner une amplitude totale maxima de 2

1. Note sur les oscillations des rivages de la Loire-Inférieure. *B. S. G. F.*, (4), IX, 1909, p. 326.

2. J'y ai trouvé des valves d'Huitre séparées et retournées; elles ne constituent pas un banc en place, mais ont été rejetées par le flot.

3. Je détaillerai ces points dans la suite de ma publication sur le bassin de la Loire. — J'ai cité sommairement le duit de la Pointe qui venait d'être découvert : la suite des travaux a révélé qu'il datait du Moyen Âge, de beaucoup postérieur à la chaussée des Ponts-de-Cé.

ou 3 m. On sait d'ailleurs depuis les recherches de Welsch et de Passerat, que les rivages voisins ont très peu varié, contrairement aux dires de certains historiens.

BASSIN DE LA SEINE.

Je n'ai consacré à ce bassin que des observations localisées. En divers points j'ai reconnu que le Niveau inférieur se situait à 2 ou 3 m. sur l'étiage. On sait d'ailleurs que le chenal submergé existe à l'embouchure comme pour les autres fleuves ¹.

L'établissement de la surface terminale du niveau doit là encore être quelque peu antérieur à l'âge du bronze, à en juger par la situation de divers vestiges de cet âge, entre Paris et Villeneuve-Saint-Georges par exemple, et pourrait se situer au cours du Néolithique.

Dans cette région j'interprète ainsi les données très précises publiées par Laville ². Les alluvions fluviales du Niveau inférieur se terminent par des sables limoneux atteignant à peu près 2,50 m. sur l'étiage moyen, et dont la partie supérieure au moins est d'âge néolithique. Elles sont recouvertes en discordance par un atterrissement de sable et gravier flanqué contre elles au bord du fleuve, et ailleurs par 1,5 m. de limons avec fonds de cabanes de l'âge du bronze ou de la fin du Néolithique (soit vers le ^{xx}e siècle), creusés dans la formation antérieure. Nous avons donc bien la séparation du Récent et de l'Actuel, et une évaluation de leur démarcation au cours du Néolithique. Laville estime d'ailleurs que les habitations, occupées seulement entre les inondations, ou construites sur pilotis dans un terrain marécageux, ont été établies avec un niveau plus élevé de la Seine, dont le lit actuel n'était pas creusé.

NORD DE LA FRANCE.

On connaît bien l'existence du remblaiement récent, débutant vers — 30 m., et des sillons submergés sous les estuaires ³. Les nombreux travaux publiés, en particulier par Commont, paraissent rendre admissible un relèvement graduel jusque vers l'époque néolithique ⁴.

1. CHAPUT. *CR. Ac. Sc.*, CL, XII, p. 77 et *A. F. A. S.*, XLV, p. 481.

2. *B. S. Anthr.*, 1902, p. 207 ; 1909, p. 243 ; 1910, p. 455 ; 1911, p. 457.

3. Voir : DE LAMOTHE, *B. S. G. F.*, (4), XVIII, p. 12.

4. M. l'abbé BREUIL me communique « que le creusement maximum de la vallée de la Somme a été atteint à l'époque du Renne, la tourbe ayant rempli d'une quinzaine de mètres ce lit paléolithique final et recouvrant en bordure, à Belloy, l'Aurignacien régional. Il y a donc eu une importante modification de l'équilibre, et une remontée du niveau de base qu'établit, pour une époque plus moderne, la tourbe néolithique sous-marine de beaucoup de plages du Boulonnais et de la Picardie ».

Un remarquable épisode moderne a été caractérisé¹ par une invasion marine des côtes de la Manche entre le IV^e et le VII^e siècles de notre ère. Ce phénomène, que j'avais d'abord admis comme terminant la grande transgression récente, me paraît désormais, par raison d'analogie, constituer une petite oscillation indépendante.

RÉSULTATS DE CETTE ÉTUDE.

Nous avons suivi, dans des régions les plus diverses, le *Niveau inférieur*, avec une continuité parfaite ; nous avons noté son homologie avec les niveaux anciens dont il ne se distingue que par sa hauteur moindre, et partant son inondabilité partielle ; et par sa conservation, indice de son âge « récent ». Nous avons constaté d'une façon formelle ses variations de hauteur au-dessus des cours d'eau actuels, en même temps que son parallélisme très sensible avec les niveaux anciens, et surtout le dernier de ceux-ci (Bas-niveau).

Ce niveau est le couronnement d'un remblaiement et l'œuvre d'un cycle complet : il débute à l'embouchure de tous les fleuves examinés et en divers points de l'ensemble de nos côtes vers -30 m., avec des faciès fluvio-marins qui prouvent la préexistence d'une régression de cette amplitude ; il se termine par l'établissement de plaines fluvio-marines et côtières à 1 ou 2 m. en général au-dessus des actuelles, mais parfois un peu plus élevées.

Aussi bien dans les régions alpines que dans les vallées pyrénéennes, nous avons pu mettre ce niveau en relations avec des formations glaciaires. Pour les secondes, nous avons fait appel à nos observations² ; mais pour les premières, nous n'avons qu'à transposer les conclusions émises par des savants tels que Haug et Kilian. Notre formation récente, qui constitue un cinquième niveau principal sur les côtes et dans les vallées, se relie donc intimement à une cinquième glaciation, comme font les niveaux anciens.

Penck et Bruckner ont reconnu après le Würmien un retrait considérable suivi d'une nouvelle extension (stade de Bühl) et de petites récurrences. Cet ensemble a été dénommé « postwürmien » ; il se présente comme une glaciation, peut-être complexe, mais caractérisée essentiellement par l'avancée de Bühl : on peut donc en faire une glaciation *bühlienne*, en comprenant ce mot dans un sens large. Des faits conformes, dans l'ensemble, ont été reconnus dans la région de Gre-

1. GOSSELET et NIGOUX, *Rev. Soc. sav.*, (3), I, p. 292.

2. Voir *infra*, chap. IV.

noble par Kilian et P. Lory¹ qui distinguent une glaciation postwürmienne autonome.

Haug, dans son *Traité* (p. 1847, 1849) considère le stade de Bühl comme ayant « la valeur d'une véritable cinquième glaciation ».

L'existence de pareilles vicissitudes est confirmée par les recherches des préhistoriens. On sait maintenant que la phase froide du Moustérien est suivie d'un notable réchauffement à l'époque aurignacienne, dont l'importance et la longue durée sont maintenant reconnues : le Solutréen marque un nouveau refroidissement qui devient maximum au Magdalénien : ces deux époques constituent le véritable âge du Renne, tandis que l'Aurignacien offre encore *Rhinoceros Mercki*. Aussi l'idée de synchroniser le Magdalénien avec le stade de Bühl par exemple, a-t-elle été nettement émise (voir Haug, p. 1847).

Nous pouvons préciser l'âge du niveau. Dès mes premières observations, j'avais reconnu la nécessité de modifier cette opinion courante, que les plaines du fond des vallées étaient en voie d'exhaussement ; mettant à part les alluvions actuelles ainsi que les limons de débordement, je constatai que ces plaines étaient constituées aux ^{x^e} et ^{xi^e} siècles de notre ère lors du principal peuplement de la vallée de la Loire. Toutefois je supposais que le remblaiement qui les a édifiées avait pu se poursuivre jusque vers cette époque, et cette interprétation figure dans mon mémoire sur la Loire.

Depuis, l'étude des restes gallo-romains de la région provençale, et surtout la situation des monuments antiques de Fréjus, d'Arles et d'Orange, m'a imposé la nécessité de fixer bien avant cette période la constitution du Niveau inférieur, et je reconnus que cette conclusion devait aussi être étendue à la Loire. Enfin divers documents m'ont paru indiquer, de la façon la plus claire, que le niveau, partiellement associé à la période néolithique, était antérieur à l'âge du bronze.

En résumé, la phase négative du cycle est postérieure à une partie au moins de l'époque moustérienne ; le remblaiement consécutif comprend le Paléolithique terminal et se trouvait achevé au début de l'âge du bronze : je ne crois pas m'éloigner de la vérité en situant le maximum au cours de la période néolithique.

IV. — Bassin de la Garonne.

A plusieurs reprises, j'ai souligné l'intérêt capital du bassin de la Garonne pour l'étude du Quaternaire². Je vais résumer très

1. KILIAN, *CR. somm. S. G. F.*, 9 janv. 1911 ; A. F. A. S., *loc. cit.*, p. 301. — P. LORY, *Tr. Lab. Géol. Grenoble*, VI, p. 282 ; *CR. Ac. Sc.*, CLXXIV, p. 1476.

2. Pour l'amont de Toulouse : travaux de LEYMERIE, NOULET, BOULE, HARLÉ, VASSEUR, REPELIN, SAVORNIN, OBERMAIER, MENGAUD, etc. ; voir mes *CR. au Serv. Carte géol.*, Camp. 1919 à 1923 et *Bull. géogr.*, XXXIII, p. 47. — Pour l'aval : travaux de REY-LESCURE, HARLÉ, REPELIN, BLAYAC, etc. ; voir ma communication au Congrès de Bordeaux de l'Assoc. française (à l'impr.).

brèvement cette question en la complétant de quelques notes ; j'examinerai ensuite la liaison avec les phénomènes glaciaires.

TERRASSES DE LA GARONNE ET DE L'ARIÈGE.

Dès mes premières observations, j'ai adopté une nomenclature qui s'est révélée applicable à l'ensemble du bassin¹. J'ai exposé plus haut la constitution d'une formation « pliocène » (P) liée à une grande phase de pénélplanation. Le Quaternaire comprend six niveaux principaux :

I. *Niveau supérieur*. — Ce niveau apparaît en amont de Tonneins, à 100 m. au-dessus du Niveau inférieur (ar.) et à sa gauche. Très décimé dans l'Agenais, il se reforme à partir de Valence² vers 120 m., devient très important dans la région toulousaine (partie haute de la Forêt de Bouconne, etc.) et jusqu'en bordure du massif d'Aurignac, à 120-130 m., ainsi que sur la gauche de l'Ariège.

Dès 1919, et d'accord avec Obermaier, j'ai rattaché à ce niveau la formation de Lannemezan, qui se prolonge par quelques digitations vers l'Armagnac et se soude aux alluvions par la terrasse de 120 m. surmontant Saint-Gaudens. J'ai dit que ce cône de déjection devait s'être étalé à la surface d'un avant pays pénélplané. Par analogie j'admets la même interprétation pour une série de gros cailloutis élevés qui se suivent jusque vers Foix.

II. *Haut-Niveau*. — Il apparaît au-dessus du Mas-d'Agenais entre 60 et 70 m. ar., se suit par lambeaux en paraissant se relever très sensiblement, atteint 90 m. à gauche de Grenade (Thil, etc.) et se reconnaît de façon très nette par la partie moyenne de la forêt de Bouconne, les terrasses de Sainte-Foy, Rieumes, la Bastide-Clermont jusqu'au Fousseret (80-85 m.), de même à gauche de l'Ariège jusqu'au-dessus de Saverdun. Par contre il est rudimentaire ou mal connu en amont des chaînons Aurignac-Plantaurel.

III. *Moyen-Niveau*³. — Ce niveau constitue la plus belle unité de la vallée. On le rencontre dès la région maritime, au NE de

1. Je l'ai employée aussi pour le bassin de la Loire ; mes observations ultérieures m'ont paru confirmer les équivalences que j'avais admises dès l'abord. — Les alt. rel. de ce paragraphe sont prises au-dessus du Niveau V (ar.), sauf indication contraire.

2. On ne comprend pas pourquoi la feuille 217 le note a^{1b} et non a^{1a}, en le confondant avec les unités de moindre hauteur.

3. Le niveau secondaire de Launac (70 m.), se suivant du Burgaud jusqu'au carrefour de Levignac dans la forêt de Bouconne, peut être une dichotomie du Moyen-Niveau.

Bordeaux ¹, vers 40 m. ar. ; on le suit, à partir de Saint-Pardon, sur tout le rebord du coteau de rive gauche, à la même hauteur, jusqu'à Caumont ; puis par lambeaux (Damazan, 45 m., etc.). Il reprend toute son importance au confluent de la Gimone et constitue désormais ce magnifique gradin, qui avait frappé les premiers observateurs, continu jusqu'en face de Carbonne avec une largeur allant à 8 km. ; sa hauteur atteint 50 m., peut-être plus localement, dans sa partie aval (Bourret, Saint-Cézert), mais se tient entre 40 et 45 m. à partir de Toulouse.

Le jalonnement du niveau est bien établi à partir du Fousset, où il se relève vers 50 m., par Saint-Gaudens et Montrejeau (42 m.) jusqu'à la région montagneuse où il passe aux moraines de la glaciation de Seilhan. Il en est de même dans la vallée de l'Ariège, où le niveau n'est qu'à 35-40 m. et passe aux moraines de Garrabet.

Un fait nouveau doit être relevé au sujet de ce niveau : c'est la présence de quartzites taillés du type chelléen, qui vient d'être constatée près de Rieumes ² et dont les conditions de gisement paraissent bien authentiques (Abbé Breuil, comm. verbale), la mise en place de cet outillage se révélant comme antérieure à l'édification de la surface de la terrasse. Cette découverte est capitale : en effet, les recherches de Depéret ³ ont établi qu'on ne connaissait pas de trace de l'Homme dans les terrasses *siciliennes* (en principe : 90-100 m. sur l'étiage) et *milazzienne* (55-60), et que le Chelléen apparaissait à la base de la terrasse tyrrhénienne (30 m.). Il s'en suit que notre Moyenne-terrasse qui a au point considéré une hauteur sur l'étiage très voisine de 55 à 60 m., n'est pas « milazzienne » mais « tyrrhénienne » ; ce qui légitime l'emploi que j'ai fait du même terme de Moyenne-terrasse pour une terrasse de la Loire qui n'a pas plus de 35 m. aé. et qui renferme aussi les produits des premières industries paléolithiques ⁴.

X. *Niveau intermédiaire*. — Son rivage devait se situer vers 25 m. ; d'abord assez imprécis, il forme une belle terrasse à 24 m. ar. du Mas-d'Agenais à Feugarolles, puis laisse une série de lambeaux jusqu'en face Valence.

Par contre je n'en connais aucune trace en amont du confluent

1. Plateau entre Mérygnac, Bruges et Saint-Médard signalé par Blayac.

2. Le bourg lui-même est sur le Haut-Niveau, qui n'a rien fourni de semblable.

3. C. DEPÉRET. La classification du Quaternaire et sa corrélation avec les niveaux préhistoriques. *CR. somm. S. G. F.*, 1921, p. 125. — Voir les notes fondamentales de ce savant, *CR. Ac. Sc.*, CLXVI, *sqq.*

4. *Op. cit.*, p. 452.

du Tarn, notamment de Bourret à Martres où le talus de 30 m. qui, sur une longueur de 100 km., sépare les niveaux III et IV, n'est susceptible de masquer aucune terrasse intermédiaire, non plus que sur la rive droite escarpée qui commence à partir de Grisolles. Cependant ce niveau se trouve occuper à peu près la place que des vues théoriques ont fait supposer.

IV. *Bas-Niveau*. — Il part vers la cote 16 dans le domaine maritime, se suit à gauche de la Garonne jusqu'à Langon, puis à droite avec le gisement d'*Elephas primigenius* de Gironde, constitue une série de superbes terrasses entre 11 et 13 m. (Marmande, en face Agen, Valence, etc.). Il couvre la plaine entre Tarn et Garonne avec une complexité que j'interprète comme anomalies de confluences, se subdivisant en deux gradins qui se reconnaissent jusqu'à Toulouse : le principal, localement surélevé au débouché des vallées du Tarn et de l'Aveyron, reste vers 13 m. en amont ; l'autre, en contrebas offre des gisements d'*Elephas primigenius* BLUMB.¹

Nous n'insistons pas sur le magnifique développement du Bas-Niveau, à gauche de la vallée sur une centaine de kilomètres jusqu'à Martres-Tolosane, à 10-13 m., ni sur son prolongement en amont jusqu'à la moraine de Camaroux ; et dans la vallée de l'Ariège où localement elle fléchit à 2-4 m. (Aguanaguès), puis se relève et plus en amont passe à la moraine d'Arignac-Bonpas.

On sait que les Basses-terrasses sont le lieu principal de l'industrie moustérienne.

V. *Niveau inférieur*. — J'ai donné plus haut les détails relatifs à ce niveau ; je vais décrire ci-dessous son passage à des formations glaciaires.

Quelques remarques ressortent de ce résumé. On notera que les distances des divers niveaux subissent de sérieux écarts, atteignant jusqu'à 30 m. pour I et II, près de 20 m. pour III ; mais on ne relève guère plus de 10 m. pour IV, et encore cette évaluation se réduit-elle à 5 m. si on fait abstraction de l'anomalie de l'Aguanaguès, où les pentes sont fortes. Ces écarts peuvent s'expliquer par des modifications du profil, mais ils montrent qu'on ne saurait ajouter foi aux synchronisations basées sur des mesures localisées.

D'ailleurs ces écarts augmentent considérablement si on se réfère, non au niveau V comme je le fais, mais à l'étiage : la

1. Voir pour plus de détail mes communications de 1922 et 1923. Le gradin le plus élevé est la terrasse dite de 35 m., mais elle ne dépasse pas d'après mes observations 30 m. au-dessus de la Garonne, et doit de plus être considérée comme « fausse-terrasse ».

variation, entre la Gironde et les chaînons pré-pyrénéens, est déjà de près de 20 m. pour ce niveau, elle n'est pas moindre pour IV et atteint plus de 30 m. pour III. On voit le danger auquel exposent les mesures sur l'étiage.

Ce résultat que j'ai déjà rappelé ne résulte pas seulement de mes observations, que l'on pourrait être tenté de rejeter : il peut être constaté par chacun au simple examen des feuilles 230, 241 et 242 de la Carte géologique détaillée. Prenons par exemple le niveau IV (a¹^c des Feuilles), dont la continuité ne saurait être discutée, et comparons-le à l'étiage ainsi que le niveau V.

ÉTIAGE ¹	NIVEAU INFÉRIEUR	BAS-NIVEAU (a ¹ ^c)
Toulouse, 131,3	Saint-Cyprien ² , 139	1 km. amont St-Martin ² , 153-154
Muret, 155,9	Muret ³ 168	Lamasquère ³ , 179-180
Cazères, 228,3	Cazères ⁴ , 250-251	Peyet (côté amont) ³ , 261-263
Pont de Miramont a)	Route de Miramont, 359-360	Gare St-Gaudens ² , 371
Valentine, 358,3	Valentine, 369	»

(a) 3 km. aval du Pont de Valentine ; étiage, 349 m. env.

Ainsi la même Basse terrasse mesurée à Toulouse ou à Saint-Gaudens se montre à 22 m. sur l'étiage, et se classe ainsi dans les terrasses « monastiriennes ». Mais à Cazères on lui trouve 33 m., c'est-à-dire la hauteur d'une terrasse « tyrrhénienne ». Des mesures isolées lui feraient assigner un âge différent entre deux points qu'elle relie avec une indiscutable continuité.

Cependant, j'ai constaté l'existence en aval, mais seulement en aval, du Niveau intermédiaire qui se montre à la hauteur d'une terrasse tyrrhénienne (30 m. ae.). Nous ne pouvons chercher à le relier à la terrasse de 33 m. de Cazères, puisqu'il surmonte le prolongement de celle-ci (18 à 22 m. entre Toulouse et Marmande). Il s'impose de plus que ce Niveau intermédiaire a un caractère autre que les niveaux principaux qui l'encadrent, et qu'il fait défaut justement là où ceux-ci offrent un développement réellement majestueux.

De même l'application du schéma classique ferait synchroniser et considérer comme monastiriens le niveau V à Cazères, où il a plus de 20 m. (Vasseur) et le niveau IV à Toulouse, alors que

1. Nombres communiqués par les Ponts-et-Chaussées du département de la Haute Garonne.

2. Nombres établis d'après le nivellement de la ligne de Toulouse à Auch ou de la ligne de Toulouse à Montrejeau.

3. Nombres établis d'après mes mesures barométriques, concordantes avec les cotes de la Carte à 1/80 000.

4. On a 248 m. à la gare qui est légèrement en contrebas de la surface, caractérisée un peu à gauche ; un Point 249 à 1500 m. aval, et la pente est de 2 m.-km. ; soit une évaluation de 252 m. concordante à 1 m. ou 2 m. près.

le premier s'abaisse en aval et passe incontestablement en contrebas du second.

LE GLACIAIRE DE LA GARONNE ET DE L'ARIÈGE.

Les formations glaciaires pyrénéennes ont été l'objet d'excellentes études, surtout de la part de Boule, Obermaier, L. Bertrand et Mengaud ; puis il y a quelques mois, d'une belle synthèse de Ch. Depéret¹ qui a généralisé la distinction de trois glaciations en modifiant quelques points capitaux. De mon côté j'ai été conduit par l'ensemble de mes observations à reconnaître également trois grandes extensions, mais en demeurant dans le cadre tracé par les recherches antérieures.

La divergence est la suivante : alors que jusque là on pensait — et je persiste à le faire — que la moraine décrite par Boule à Labroquère (Garonne) et celle décrite par Mengaud à Bonpas (Ariège) étaient synchroniques, constituant une seconde extension et passant aux Basses-terrasses (a^{1c} de Vasseur et Savornin, a^{1b} de Mengaud), au contraire certaines mesures faites par Depéret conduiraient à vieillir celle-ci et à lui substituer, dans l'équivalence aux Basses-terrasses, la glaciation plus jeune de Tarascon. Il en résulterait que ce qu'on considérerait comme de mêmes Basses-terrasses dans la vallée de la Garonne et celle de l'Ariège ne serait plus synchronique ; qu'il faudrait reviser les contours publiés ; qu'enfin un niveau intermédiaire devrait être cherché dans la vallée de la Garonne pour occuper la place créée dans celle de son affluent.

Je vais reprendre cette question, en y apportant l'appoint de mes observations personnelles.

Vallée de l'Ariège. — Dans la vallée de l'Ariège, la disposition des formations glaciaires et leurs relations sont très claires. Elles ont été figurées sur la feuille de Foix par L. Bertrand et Mengaud, et ce dernier leur a consacré une monographie². Ces savants ont fort bien reconnu qu'en outre des deux principales glaciations, passant respectivement aux terrasses a^{1a} et a^{1b}, il y en avait une troisième, correspondant aux terrasses a^{1c}. Depéret a donné sur ce point les précisions nécessaires et situé une de ces moraines en aval de Tarascon.

1. C. DEPÉRET. Les glaciations des vallées pyrénéennes françaises et leurs relations avec les terrasses fluviales. *CR. Ac. Sc.*, CLXXVI, 1923, pp. 1 519-24.

2. L. MENGAUD. Contribution à l'étude du Glaciaire et des terrasses de l'Ariège et du Salat. *B. S. H. nat. Toulouse*, 1910. p. 19 et légende Feuille 253.

Les trois glaciations, échelonnées entre Montgaillard et Tarascon, se présentent ainsi ¹ :

A. *Moraines de Garrabet*, passant au Moyen-Niveau, jalonné par une suite de terrasses (a^{1a}). Celles-ci, au départ de la moraine haute de plus de 70 m., s'abaissent graduellement, par 55 m., à la station Saint-Paul-Saint-Antoine jusqu'à 40-45 m. (Terrefort) et se tiennent en aval de Foix (Vernajoul, etc.) à 45-50 m. (a^{1b}, F. 242).

B. *Moraines de Bonpas*, passant au niveau noté a^{1b}, et dont le cône de transition se suit jusqu'au delà de Mercus (35-40 m.) ;

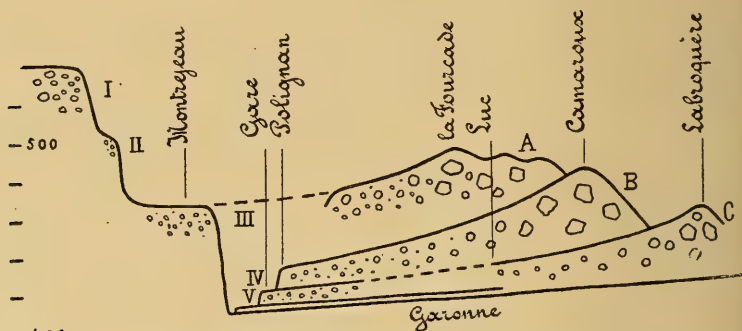


FIG. 5. — DISPOSITION DES TERRASSES ET APPAREILS FLUVIO-GLACIAIRES AU S. DE MONTREJEAU.

(Les montagnes de Seilhan et de Gourdan ont été supprimées ainsi que le ravin de Bazert).

les terrasses fluviales s'établissent, de Prayols à Foix, à 16-18 m. puis se suivent par lambeaux de hauteurs croissantes jusqu'à plus de 25 m. vers Pamiers.

C. *Moraine de la Bernière* (1.500 m. aval Tarascon), haute de 25 à 30 m., dont la liaison aux terrasses a^{1c} ressort des observations de Depéret. Ces terrasses (7-10 m.) sont, il est vrai, excessivement réduites à la traversée des gorges de Saint-Antoine ; mais le niveau reprend sa continuité à partir de Foix (10-12 m.) et passe sur la Feuille de Pamiers (a^{1e}) en s'élevant graduellement à 20 m. : c'est notre Niveau inférieur V.

Vallées de la Garonne et de la Neste. On n'a reconnu jusqu'ici que deux glaciations, la seconde a été surtout étudiée par Boule qui a décrit sa moraine au N de Labroquière et le passage de celle-ci à une Basse-terrasse. Cette glaciation a été assimilée à la glaciation B de l'Ariège ; je maintiendrai cette interprétation, car

1. Altitudes relatives au-dessus de l'étiage.

j'ai rencontré en contrebas un troisième appareil fluvio-glaciaire jusqu'ici ignoré, et qui est le représentant de la glaciation C.

Dans le court espace qui s'étend entre Montréjeau et Barbazan, j'ai reconnu en effet :

A. En avant et à une forte altitude, les moraines de Neuvède, Bégorre, etc. (*glaciation de Seilhan*), qui se relie manifestement, et comme vient de le confirmer Depéret, à la Moyenne-terrasse (50-52 m. à Montréjeau).

B. Un peu en arrière et en contrebas, le beau *vallum de Labroquère-Camaroux* décrit par Boule, passant à la terrasse de Polignan (22 m.)¹.

C. A 1 km. en arrière de celle-ci, j'ai reconnu un autre *vallum* non signalé (*moraine de Labroquère-village*) qui porte le chef-lieu de la commune et se suit sur la gauche de la Garonne à Valcabrière ; moins élevé que le précédent, il atteint cependant 30 à 40 m. C'est de cette moraine et non de la précédente, qu'est issu le beau cône de transition qui se suit sur 3 km. jusqu'à Luc, où il ne surmonte plus le fleuve que de 17 mètres.

La traversée d'un défilé de 2 km. nous prive de tout espoir de continuité ; mais autour de Montrejeau nous retrouvons tous nos éléments. La Feuille 241 figure, il est vrai, comme une seule Basse-terrasse² les alluvions de la gare de Montrejeau et de Iluos, et ceci a été répété depuis. Mais les choses sont tout autres. De la gare, on jouit d'un superbe panorama : on se trouve sur une belle terrasse, à 9-10 m. au-dessus de la Garonne. Vers le S et le SE, on voit, à moins de 1 km., un talus des plus réguliers courant de Gourdan à Polignan et surmonté d'une autre terrasse non moins belle, qui domine la Garonne de 22 m. : c'est elle qui passe à la moraine de Camaroux et doit prendre la notation B.

Ainsi la terrasse de la gare de Montrejeau d'une part, la moraine de Labroquère-village et la terrasse de Luc de l'autre offrent la même situation relative. La première remonte jusqu'au-dessus du confluent de la Neste, qu'elle surmonte de 13 m. Dans ces conditions l'écart de 4 m. pour rejoindre les 17 m. de Luc représentent un accroissement de pente conforme à ce que nous relevons en amont et en aval. Sans insister sur le peu de probabilité que les profils des cours d'eau soient restés toujours rigoureusement parallèles dans des vallées montagnardes à forte pente,

1. Il est vrai que le cône de transition est coupée par le ravin de Bazert : mais celui-ci n'empêche nullement de constater la continuité du dépôt qui offre encore au delà les gros blocs caractéristiques.

2. La Feuille porte même ces dépôts comme glaciaires, rattachés à la deuxième extension : mais il y a là une erreur matérielle, sinon un simple défaut de coloriage. Depéret les donne bien comme alluviaux.

nous voyons dans ce relèvement une conséquence directe de la proximité du glacier.

En résumé, la moraine de Labroquère-village se relie à une terrasse de 10 m. seulement à Montrejeau. Celle-ci se suit facilement en aval des deux côtés de la Garonne avec une hauteur semblable¹ ; de même dans la vallée de la Neste je l'ai remontée par le N de Mazères, Aventignan, Saint-Laurent etc... Nous reconnaissons sans hésitation dans cet ensemble le niveau C.

Ainsi nous complétons les données antérieures par l'adjonction d'une troisième glaciation équivalente de celle de l'Ariège : l'une et l'autre sont en relation avec notre Niveau inférieur et indépendantes du Bas-Niveau.

Discussion. A lire ces indications, on ne manquera pas d'être frappé de l'analogie entre la Garonne et l'Ariège, et ce serait une suffisante justification. Il est cependant opportun d'entrer dans la discussion de quelques points.

Dans toute cette affaire, il est d'abord un point incontesté : c'est l'équivalence réelle des divers membres de la première glaciation (A), et leur passage au Moyen-Niveau ou première terrasse de Leymerie. La question de savoir si elle est rissienne (Obermaier) ou mindélienne (Depéret) ne rentre pas dans notre sujet.

Mais en passant aux formations moins élevées, Depéret a fait ressortir quelques difficultés que je vais m'efforcer de réduire.

En ce qui concerne la Garonne, la question est renouvelée par le dédoublement du Glaciaire de Labroquère. Pour l'Ariège, au contraire, il n'y a pas d'ambiguïté ni de divergence dans le raccordement, et Depéret constate la liaison des 3 glaciations aux terrasses a^{1a}, a^{1b}, a^{1c} de la Feuille 253², qu'il estime à 55, 29 et 18 m. sur l'étiage. Sur ce point nous différons d'opinion.

En effet les évaluations citées sont relatives à des points très rapprochés des moraines (1 à 3 km.), qui me paraissent appartenir encore aux cônes de transition. Si on s'éloigne un peu plus pour s'affranchir de cette influence, on trouve des hauteurs moindres : 45, 20 et 10 m. en moyenne ; c'est-à-dire que le Bas-Niveau qui est vers 20 m. dans la vallée de la Garonne a bien pour équivalent le niveau B de l'Ariège (avec la moraine de Bonpas) et non le niveau C (Tarascon).

1. C'est elle, et non le niveau B, qui supporte la route de Montrejeau à Saint-Gaudens à partir du carrefour 410, correspondant à la terrasse de la rive droite, contrairement aux notations discordantes de la Feuille 241 ; celle-ci ne rend aucun compte du groupement des alluvions par suite sans doute de la juxtaposition des secteurs de collaborateurs différents. Les incompatibilités sont manifestes ; pour n'en citer qu'un exemple, basé sur le simple examen des contours et des cotes de la Feuille, nous voyons la terrasse de Mondavezan dite a^{1a} se terminer à plus de 30 mètres au-dessous de la terrasse de même notation en aval.

2. DEPÉRET ne cite pas le terme a^{1c}, mais il ne saurait y avoir de doute à cet égard.

On peut toutefois se demander, selon une argumentation chère aux partisans de l'équidistance, s'il n'y aurait pas à Foix une anomalie, l'Ariège n'ayant pas atteint en ce point son profil d'équilibre. Nous ne saurions accepter cette argumentation. Outre que nous avons donné des preuves de variations étendues des hauteurs à l'étiage, et que dans une région montagnaise ces variations ne risquent que de s'accroître, nous estimons d'abord qu'une anomalie, à supposer qu'elle se produise à Foix, devrait infailliblement avoir sa répercussion en amont; ensuite que le facteur invoquable — traversée par la vallée de roches très résistantes — se trouve réalisé encore mieux dans le défilé si remarquable entre Montgaillard et Amplaing, où la rivière s'encaisse dans une gorge de 40 m., interrompant entièrement les terrasses B et C et même les Alluvions actuelles : il suffit pour s'en convaincre de contempler le paysage du Pont-du-Diable, au quartier de Saint-Antoine, et de l'opposer à la vallée plus élargie, avec nombreux restes plus ou moins étendus des trois terrasses, autour de Foix.

Nous estimons donc que des mesures limitées aux abords immédiats des moraines ne sauraient nous renseigner et qu'il n'est pas d'autre méthode que celle de continuité. Or, quelles que soient les divergences qui puissent se présenter en aval de Foix, tout le monde sera d'accord pour situer le prolongement du niveau C de l'amont dans la terrasse qui est bien caractérisée à Pamiers¹, à une vingtaine de mètres; ce serait un argument pour la synchroniser avec la terrasse qui a la même hauteur à Montrejeau (B selon nous) en négligeant les hauteurs relevées à Foix, considérées comme anormales. On arrive alors à un résultat inadmissible : car la terrasse de Pamiers se suit indiscutablement en aval en s'abaissant graduellement, ainsi que Savornin le reconnaît formellement; elle vient ainsi se souder au *Niveau inférieur* de la Garonne et non au *Bas-Niveau* auquel elle devrait se rattacher dans la théorie que nous combattons : ce dernier niveau se voit au contraire, au droit du confluent, en contrehaut de l'aboutissement de la terrasse de Pamiers.

Cette hauteur de 20 m. à Pamiers, loin d'infirmier notre synchronisation, en est la preuve la plus claire, puisque le même relèvement relatif est offert par la vallée de la Garonne à Cazères, c'est-à-dire au point de la vallée de la Garonne qui correspond à la situation de Pamiers dans celle de l'Ariège.

Un point me paraît donc définitivement acquis : la 3^{ème} glaciation de l'Ariège passe à un niveau fluvial qui arrive à moins de 10 m. dans les environs de Toulouse. Qu'il y ait une « anomalie » dans les profils, soit : mais je la situerai à l'entrée du bassin molassique sous-pyrénéen, et non dans la traversée des chaînons qui le précèdent; elle est décelée par l'approfondissement si curieux à Cazères et à Pamiers².

Plusieurs autres arguments pourraient être envisagés. Le principal

1. a², Mémoire SAVORNIN, a^{2a} — a¹ Feuille 242.

2. Cet approfondissement peut être évalué à 12 mètres; il correspond à un accroissement de la pente d'amont de 10 %.

réside dans l'existence de terrasses entre nos Moyen et Bas-Niveaux. Il en existe de telles en amont de Montrejeau, et Depéret en signale une petite au N d'Ancres : elle est à 26 m. ae. d'après mes mesures, et j'en ai relevé d'autres à des hauteurs quelque peu variables. Il y en a aussi dans la vallée de l'Ariège, et j'en ai noté une, vers 25 m., à Ferrières. Je ne saurais contester la possibilité d'un *Niveau intermédiaire* se rattachant à une terrasse de 25 à 30 m. en aval, puisque justement je suis l'inventeur de cette dernière (Niveau X). Il y aurait bien là un niveau du type de celui découvert dans la vallée du Rhône par Depéret sous le nom de Néo-rissien, mais qu'il a préféré ensuite considérer comme vrai Rissien. Nous accepterons volontiers qu'il soit opportun de rechercher dans les Pyrénées les moraines de ce niveau : mais ce n'est pas à la moraine de Bonpas qu'il convient de faire appel.

Quelque intéressant que puisse être ce Niveau intermédiaire, il ne faut pas perdre de vue son allure tout à fait différente des niveaux principaux qui l'encadrent, différence marquée par son effacement sur une section de 100 km. où ceux-ci ont justement leur plus beau développement.

J'espère que ces lignes justifieront de la synthèse que je précise. La seconde extension pyrénéenne s'offre bien comme le représentant du Würmien. Quant à la troisième, que je reconnais dans la vallée de la Garonne aussi bien que dans celle de l'Ariège, elle correspond de tous points à la glaciation « Bühlienne » ou « Postwürmienne » des Alpes, c'est-à-dire à une 5^{ème} glaciation : elle est synchronique du 5^{ème} niveau principal des cours d'eau (Niveau inférieur) auquel elle passe manifestement.

LES MYSIDACÉS DU CALLOVIEN DE LA VOULTE-SUR-RHÔNE (ARDÈCHE).

PAR **Victor Van Straelen**¹.

PLANCHE XIV

La présence de Mysidacés a rarement été signalée dans les terrains secondaires.

En 1839, G. Münster² décrit : *Elder ungulatus*, *Saga mysi-formis* et *Saga obscura* recueillis dans les calcaires lithographiques portlandiens de Solenhofen (Bavière). La synonymie de ces formes fut établie par A. Oppel³ en 1862, qui définit une nouvelle fois *Elder ungulatus*.

Déjà Münster avait eu des doutes sur l'opportunité de placer ce Crustacé parmi les Décapodes, et en avait soupçonné les affinités avec le genre *Mysis*. Récemment, M. H. Balss⁴ a reconnu que cette forme n'est pas un Décapode, mais un Schizopode⁵. Je la rapporte aux Mysidacés.

En 1914, P. C. Bill⁶ décrit : *Schimperella Beneckeï* et *Schimperella Kessleri* provenant du Buntsandstein (schistes verts subordonnés aux grès à *Voltzia*) de Wasselnheim et de Sarbrück (Alsace).

Enfin en 1917, M. F. Broili⁷ décrit : *Francocaris Grimmi* recueilli dans les calcaires lithographiques du Portlandien de Zandt et de Eichstädt (Bavière).

1. Note présentée à la séance du 3 décembre 1923.

2. G. ZU MUNSTER, Ueber die fossilen langschwänzigen Krebse in den Kalk-schiefern von Bayern. *Beitraege zur Petrefactenkunde*, Heft II, 1839, p. 78, pl. 29, fig. 3, 4 et 5 ; p. 80, pl. 29, fig. 6 ; p. 81, pl. 29, fig. 7.

3. A. OPPEL, Ueber Jurassische Crustaceen. *Palaeontologische Mittheilungen aus dem Museum des Koeniglichen Bayerischen Staates*, I, 1862, p. 115, pl. 38, fig. 4 et 5.

4. H. BALSS, Studien an fossilen Decapoden. *Palaeontologische Zeitschrift*, Bd. V, 1922, p. 146.

5. Schizopodes = Euphausiacés + Mysidacés.

6. PH. C. BILL, Ueber Crustaceen aus dem Voltziensandstein des Elsasses *Mittheilungen der Geologischen Landesanstalt von Elsass-Lothringen*, Bd. VIII, 1914, p. 310, pl. XIII, pl. XIV, fig. 1-5, et pl. XVI, fig. 1 et 2 ; p. 316, pl. XVI, fig. 3 et 4.

7. F. BROILI, Eine neue Crustaceen (Mysidaceen) Form aus dem lithographischen Schiefer des obern Jura von Franken. *Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Palaeontologie*, Jahrg. 1917, pp. 426-429, 3 fig.

H. B. Geinitz¹ a décrit successivement sous le nom de *Limulus Steinlai* et *Mysis ? Steinlai* un débris de fossile, provenant du Cénomanien (Unter Pläner) de Plauen (Saxe). D'après la figure, ce fragment n'est guère déterminable.

En étudiant la riche faune carcinologique du Callovien à *Posidonomya alpina* de la Voulte-sur-Rhône (Ardèche), j'ai rencontré des Crustacés dont l'attribution à l'ordre des Décapodes est impossible. Ces formes curieuses ont été recueillies autrefois par feu A. Gevrey et font actuellement partie de sa collection, léguée à l'Institut géologique de l'Université de Grenoble. M. le professeur W. Kilian a bien voulu me confier l'étude de ces fossiles rarissimes.

Je considère que ces Crustacés appartiennent à l'ordre des Mysidacés². Ils constituent deux espèces, se répartissant entre deux genres.

Dollocaris n. gen.

Le céphalothorax est environ deux fois plus long que haut, et sa hauteur est à peu près égale à sa largeur. Les téguments sont minces et très faiblement calcifiés. Le bord marginal antérieur présente de larges échancrures antennulaires. Les bords latéraux se replient fortement sur la face sternale, constituant les replis branchiostégaux. Ils se prolongent latéralement et postérieurement par des processus triangulaires. La partie médiane de la bordure marginale postérieure du céphalothorax est étirée vers l'arrière, constituant un processus spiniforme. Sur toute la longueur du céphalothorax s'étend une carène médiane, s'élevant rapidement de l'arrière vers l'avant, s'incurvant légèrement avant de se terminer en un long rostre à section triangulaire. Elle se continue vers l'arrière dans le processus spiniforme postérieur, ou épine dorsale. Le rostre et le processus spiniforme postérieur sont denticulés, au moins à leur origine. A peu près à mi-distance entre la carène tergale et les bords marginaux latéraux et de part et d'autre de cette carène, s'étend une carène latérale moins forte débutant à l'angle infra-

1. H. B. GEINITZ, Nachtrag zur Charakteristik der Schichten und Petrefacten des Sächsisch-böhmischen Kreidegebirges. Dresden et Leipzig, 1843, p. 6, pl. IV, fig. 5.

H. B. GEINITZ, Das Quadersandsteingebirge oder Kreidegebirge in Deutschland. Freiberg, 1850, p. 96.

H. B. GEINITZ, Das Elbthalgebirge in Sachsen, Erster Theil, Der Untere Quader. *Palaeontographica*, Bd. XX, vol. I, 1875, p. 292, pl. LXIV, fig. 11.

2. L'ordre des Mysidacés est considéré ici tel qu'il a été défini par M. J. E. V. BOAS en 1883. (J. E. V. BOAS, Studien über die Verwandtschaftsbeziehungen der Malakostraken. *Morphologisches Jahrbuch*, Bd. VIII, pp. 485-533, pl. XXI-XXIV, 1883).

orbitaire et aboutissant à la base du processus latéro-postérieur. Cette carène n'est pas rectiligne, présentant une flexion inverse de l'élévation de la carène tergale. Le céphalothorax tout entier

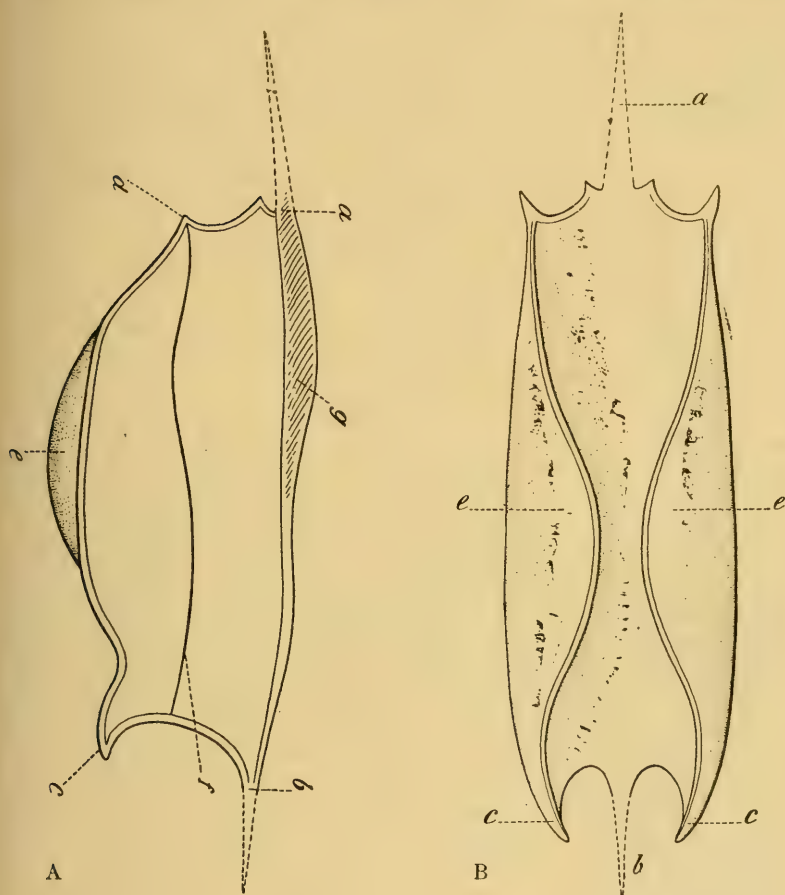


FIG. 1. — *Dollocaris ingens* n. gen., n. sp. (Schéma). Callovien.

Grandeur naturelle. A. Côté gauche. — B. Face sternale.

a, Rostre ; b, Processus spiniforme postérieur ; c, Processus latéro-postérieurs ; d, Angle infra-antennulaire ; e, Replis branchiostégaux ; f, Carènes latérales ; g, Carène tergale.

est bordé par un faible sillon marginal, précédant une carène marginale étroite et lisse.

Il ne reste rien du pléon et des appendices.

Je dédie ce genre à M. Louis Dollo, professeur de paléontologie à l'Université de Bruxelles.

Dollocaris ingens n. sp.

Pl. XIV, fig. 1, 2, 3.

Les caractères génériques qui viennent d'être définis s'appliquent à cette espèce. Le test paraît lisse étant très faiblement chagriné. La face sternale antérieure est de forme à peu près triangulaire, large vers l'avant et étroite vers l'arrière. Un individu montre encore les traces de paires d'appendices thoraciques. On remarque sur le même individu des épaissements lamelleux de la paroi latérale du céphalothorax, comme on en retrouve actuellement chez *Mysis*.

Il ne reste rien du pléon et des appendicés.

La longueur du céphalothorax chez les plus grands individus atteint jusqu'à 8 cm.

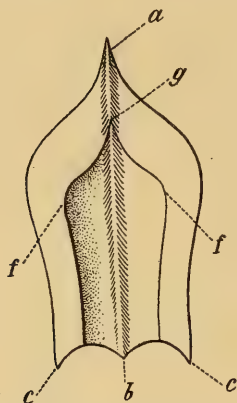
Kilianicaris n. gen.

FIG. 2. — *Kilianicaris Lerichei* n. gen., n. sp. (Schéma). Callovien. Grandeur naturelle. Face tergale. a, Rostre ; b, Processus spiniforme postérieur ; c, Processus latéro-postérieurs ; f, Carènes latérales ; g, Carène tergale.

Je rapporte à un genre différent de *Dollocaris*, des Crustacés de taille beaucoup plus réduite et présentant un ensemble de caractères mysidacés. La forme générale est plus anguleuse, subquadratique dans la région postérieure et fortement rostrée vers l'avant. La carène tergale s'élève surtout dans la région rostrale. Les carènes latérales sont très faibles. Le rostre est plus large proportionnellement à sa longueur. Le processus spiniforme postérieur est à peine marqué. Il en est de même des processus latéro-postérieurs qui sont faiblement étirés.

Je dédie ce genre à M. Wilfrid Kilian, professeur de géologie à l'Université de Grenoble.

Kilianicaris Lerichei n. sp.

Pl. XIV, FIG. 4, 5.

Le test du céphalothorax est très mince. Les carènes latérales n'aboutissent pas à l'échancrure orbitaire. Elles sont obliques par rapport à la carène tergale. Aux deux tiers de leur parcours à partir du bord postérieur, elles décrivent une inflexion vers le bas, avant de remonter obliquement vers l'avant et d'atteindre ainsi la carène tergale.

La face sternale et les bords latéraux sont inconnus.

Il ne reste rien du pléon et des appendices.

Je dédie cette espèce à M. Maurice Leriche, professeur de géologie à l'Université de Bruxelles.

Il n'y a guère que deux ordres de Crustacés qui puissent recevoir *Dollocaris* et *Kilianicaris* : les Décapodes et les Mysidacés.

Parmi les Décapodes, seuls quelques Carides, appartenant à



FIG. 3. — *Hoplophorus typus* H. MILNE-EDWARDS. Holocène (d'après SPENCE BATE).
Au double de la grandeur naturelle. Côté gauche.

la famille des Hoplophoridés, présentent de petits processus du bord marginal postérieur du céphalothorax, rappelant les processus latéro-postérieurs décrits chez les formes calloviennes. Il en est ainsi chez : *Hoplophorus typus* H. MILNE-EDWARDS des mers d'Océanie, *H. longirostris* SP. BATE des mers avoisinant les îles Fidji, *H. brevirostris* SP. BATE des mers avoisinant les îles Phi-

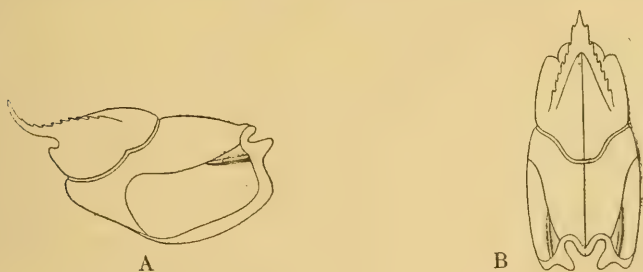


FIG. 4. — *Calocaris Macandreae* BELL. Holocène (d'après E.-L. BOUVIER).
Grandeur naturelle. A. Côté gauche. B. Face tergale.

lippines. Seulement, ces processus occupent une autre position, ils ne correspondent pas à la naissance de l'échancrure du pléon. D'autre part, les Hoplophoridés ne possèdent pas de processus spiniforme postérieur, correspondant à un étirement vers l'arrière de la carène médiane. Enfin, chez *Dollocaris* et *Kilianicaris* on ne retrouve pas les sillons et les carènes habituelles des Carides.

Certaines familles de la tribu des Thalassiniens renferment des types présentant quelques caractères, rappelant ceux de ces Crustacés de la Voulte. Dans la famille des Axiidés, les genres *Axius* LEACH, *Eiconaxius* SP. BATE, *Paraxius* SP. BATE, *Calocaris* BELL possèdent un prolongement subanguleux du bord marginal postérieur à hauteur de la ligne tergale, rappelant ainsi *Dollocaris* et *Kilianicaris*, mais c'est là le seul caractère commun. Il en est de même pour le genre *Thalassina* HERBST, constituant la famille monotypique des Thalassinidés, qui possède également

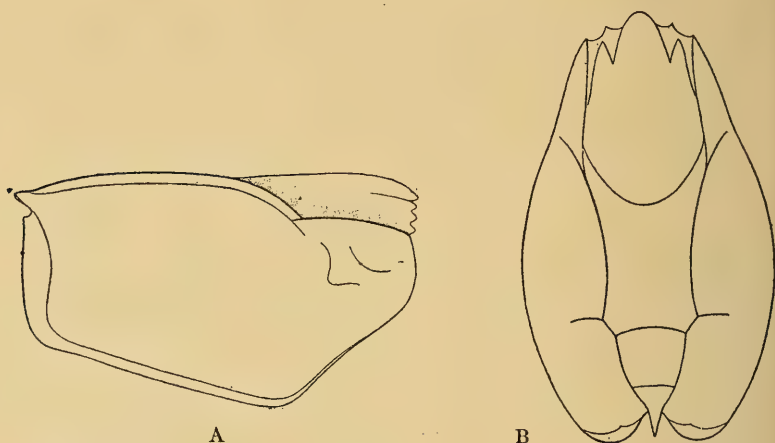


FIG. 5. — *Thalassina anomala* HERBST. Holocène (d'après J. E. V. BOAS).
Grandeur naturelle. A. Côté droit. B. Face tergale.

un prolongement médian du bord marginal postérieur, mais les autres caractères du céphalothorax sont fort divergents.

On voit donc que les deux genres de la Voulte ne se rapprochent d'aucun type connu parmi les Décapodes. Au contraire, tout les rapproche des Mysidacés, parmi lesquels les Lophogastridés ont le plus de caractères communs avec les formes calloviennes. En effet, le céphalothorax des Lophogastridés présente les caractères suivants :

- 1° Téguments durs et partiellement calcifiés ;
- 2° Régions branchiales s'étendant vers le bas, s'incurvant et embrassant la base des appendices thoraciques en constituant les replis branchiostégaux ;
- 3° Bords marginaux postérieurs étirés et anguleux ;
- 4° Région tergale du céphalothorax étirée vers l'avant en un rostre souvent xiphioïde et vers l'arrière, en un processus spiniforme postérieur.

Ce sont là les caractères que l'on retrouve chez *Dollocaris* et *Kilianicaris*. Dans la famille des Lophogastridés, les formes calloviennes ont des affinités avec le genre *Gnathophausia* WILLEMOES-SUHM, parce que :

- 1° Le céphalothorax couvre la partie antérieure du corps ;
- 2° Le rostre est allongé, xiphoïde et denticulé.

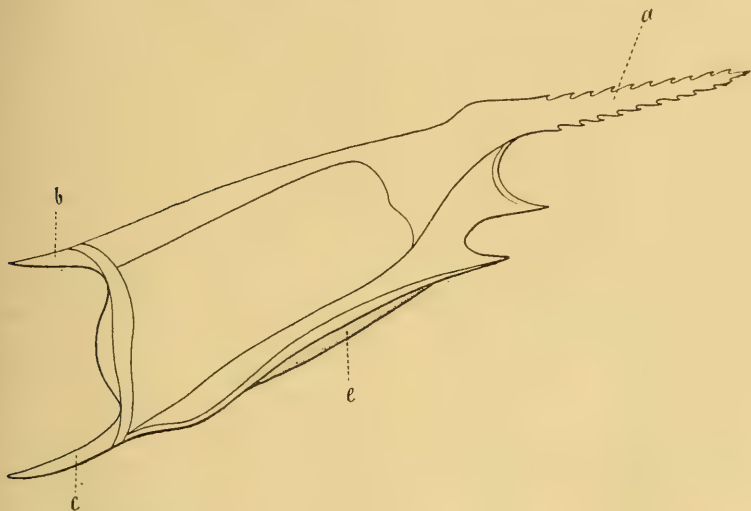


FIG. 6. — *Gnathophausia calcarata* G. O. Sars. Holocène (d'après G. O. Sars).
Grandeur naturelle. Côté droit.

a, Rostre ; b, Processus spiniforme postérieur ; c, Processus latéro-postérieurs ;
e, Replis branchiostégaux.

Il n'y a cependant pas identité générique, parce que *Dollocaris* et *Kilianicaris* n'ont pas de sillon cervical et qu'ils diffèrent de *Gnathophausia*, par la forme générale du céphalothorax et la position des carènes. Je considère que ces différences suffisent pour séparer des Lophogastridés les deux genres nouveaux, qui prennent place dans une famille nouvelle : les Dollocaridés. Parmi les Mysidacés, cette famille vient se placer au voisinage des Lophogastridés.

On sait que les Lophogastridés sont de tous les Mysidacés le groupe le plus évolué ¹. Ce qui résulte :

- 1° De la complication de l'appareil branchial ;

1. G. O. Sars. Report on the Schizopoda collected by H. M. S. Challenger during the years 1873-76. *Report on the Scientific Results of the voyage of H. M. S. Challenger*, Zoology, vol. XIII, 1885, p. 13.

2° De la structure et de la calcification des téguments, qui montrent parfois une légère sculpture ;

3° Du développement des appendices locomoteurs ;

4° De la grande taille.

On vient de voir que les Dollocaridés sont voisins des Lophogastridés.

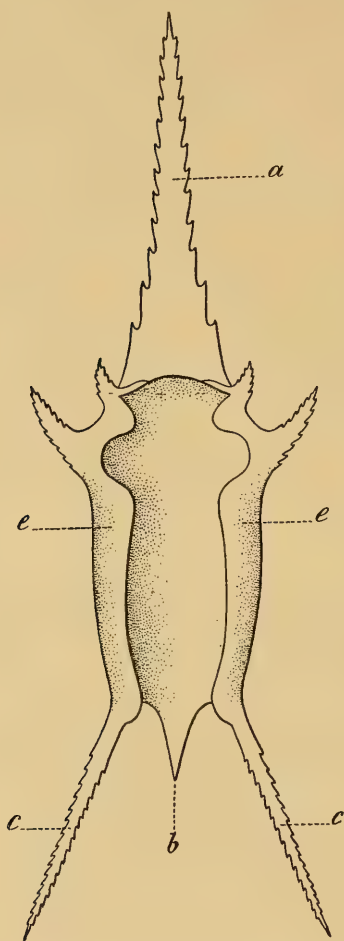


FIG. 7. — *Gnathophausia zoëa* WILLEMOES-SUHM. Holocène. (d'après G. O. Sars). Grandeur naturelle. Face tergale. a, Rostre ; b, Processus spiniforme postérieur ; c, Processus latéro-postérieurs ; e, Replis branchio-tégaux.

Des formes extrêmement évoluées de Mysidacés ont donc fait leur apparition au plus tard durant le Dogger. Cette constatation n'a rien de surprenant, si l'on considère la répartition géographique et l'habitat non seulement des Mysidacés actuels en général, mais des Lophogastridés en particulier. En effet, ceux-ci ont en tant que famille une répartition universelle, quelques espèces mêmes peuvent être considérées comme cosmopolites, s'étendant en profondeur depuis l'Océan Arctique (= *Lophogaster typicus* M. Sars) jusqu'à l'Océan Antarctique (= *Eucopia australis* Dana) et de l'Océan Atlantique à l'Océan Pacifique (= *Gnathophausia zoëa* Willemoes-Suhm). Déjà l'universalité jointe à la vie bathypélagique, constituaient une présomption que le rameau des Lophogastridés s'était détaché du tronc ancestral à une époque reculée. Cette présomption est donc renforcée par la découverte dans le Callovien le plus inférieur, de formes voisines des Lophogastridés.

En résumé, les Mysidacés se répartissent au Secondaire de la manière suivante :

TRIAS, Buntsandstein: *Schimperella beneckeï* Bill, 1914 ;

Schimperella kessleri Bill, 1914.

JURASSIQUE, Callovien : *Dollocaris ingens* VAN STRAELEN, 1923 ; *Kilianicaris Lerichei* VAN STRAELEN, 1923.

Portlandien : *Elder unguilatus* MÜNSTER, 1839 ; *Francocaris Grimmeri* BROILI, 1917.

D'autre part, si l'on en connaît plusieurs représentants au Carbonifère, ils n'ont pas encore été signalés au Tertiaire.

Il y a donc une lacune paléontologique importante qui s'étend depuis la fin du Jurassique jusqu'à l'époque actuelle.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XIV

FIG. 1, 2, 3. — *Dollocaris ingens* n. g., n. sp., type vu du côté gauche (fig. 1), — individu légèrement écrasé vu du côté gauche (fig. 2), — individu présenté par la face sternale montrant les replis branchiostégaux et des traces d'appendices thoraciques (fig. 3).

FIG. 4, 5. — *Kilianicaris Lerichei* n. g., n. sp., type vu par la face tergale (fig. 4), — empreinte de la face tergale d'un autre individu (fig. 5).

SUR LE CALCAIRE DE MONTABUZARD

PAR **A. de Grossouvre**¹.

PLANCHE XV.

Le gisement de fossiles de Montabuzard (Loiret) est en quelque sorte devenu classique à la suite des travaux de Cuvier : il a acquis un regain d'actualité en raison des polémiques qui ont eu lieu récemment sur sa situation géographique et sa place dans l'échelle stratigraphique.

Les carrières, qui ont fourni les ossements étudiés par Cuvier, ayant cessé d'être exploitées vers le commencement du XIX^e siècle, on avait perdu le souvenir de la position qu'elles occupaient près du village de Montabuzard et on avait émis à ce sujet des hypothèses plus ou moins erronées : en particulier on les avait identifiées à d'anciennes carrières à ciel ouvert, situées aux abords de la route nationale n° 155 (Châteaudun à Orléans), oubliant que d'après les indications de Cuvier les matériaux reçus par lui provenaient d'exploitations souterraines.

Lorsqu'en 1902 j'ai étudié cette région j'ai rencontré un ancien du pays qui m'indiqua la place de ces carrières, déterminée d'ailleurs par des affaissements du sol et marquée par un groupe de petits arbres fruitiers. Ces indications furent confirmées par la connaissance d'une lettre du D^r Thion, datée de mai 1825, faisant partie des archives du Musée d'histoire naturelle d'Orléans, qui fut mise obligeamment à ma disposition par le Conservateur du Musée à cette époque, M. Sainjon, Inspecteur Général des Ponts et Chaussées en retraite.

Cette lettre est adressée à Cuvier et accompagnée de planches de fossiles et d'un croquis de la région de Montabuzard et d'Ingré. Une réduction photographique d'une partie de ce dernier, jointe à ma note (Pl. XV), précise la position des carrières. Quant à la lettre, en raison des détails qu'elle renferme, il me paraît intéressant de la reproduire intégralement.

Orléans le .. mai 1825

Monsieur,

Daignez, s'il vous plaît, recevoir avec votre indulgence ordinaire les pièces et les renseignements géologiques que j'ai l'honneur de vous

1. Note présentée à la séance du 19 novembre 1924.

adresser ; c'est un léger tribut qu'un humble admirateur des sciences naturelles se plaît à payer au Plin moderne, au fondateur de l'anatomie comparée, au créateur de la Science des fossiles, etc.

L'étude et la pratique de la médecine m'occupant spécialement, vous trouverez beaucoup de lacunes et d'inutilités dans mes interprétations.

Le lieu de ma naissance (Ingré près Montabuzard) est pour beaucoup dans la passion que j'éprouve pour les fossiles ; situé sur un monticule dont le côté oriental est en contiguïté avec la base de Montabuzard, j'ai souvent dirigé mes pas vers cette riche catacombe antédiluvienne, dans l'espoir d'être aussi heureux que les Prozet et les de Faÿ : mais ces excursions furent sans succès, car l'exploitation des carrières est abandonnée depuis une douzaine d'années et à peine aperçoit-on trois ou quatre dépressions infundibuliformes qui marquent les puits bouchés. Les carriers qui les ont creusés ont cessé d'exister ; cependant leurs héritiers que je suis venu à bout de découvrir, m'ont rapporté qu'ils avaient discontinué leurs travaux parce qu'ils avaient épuisé la portion du banc calcaire qui correspond à l'étroite superficie de leur champ et que si je voulais juger de la qualité de la pierre, j'en trouverais quelques quartiers abandonnés sur le bord du chemin et recouverts en partie par de la mousse et des ronces.

Je visitai plusieurs fois les blocs, je les retournai même dans tous les sens, mais sans apercevoir aucune relique ostéologique ; cependant le 5 mai 1825, lassé de ces perquisitions extérieures, je brisai une de ces grosses pierres en la jetant avec force sur les autres.

La cassure en est lisse, suceptible de recevoir un beau poli ; sa blancheur est troublée irrégulièrement par des points et des sillons noirs qui imitent assez les effets des dendrites, mais, règle commune, ils sont disposés de manière à ne pas occuper la dixième partie de la surface. Quelques hélices calcaires se présentent çà et là, mais dans aucun je n'ai trouvé le moindre débris de la coquille de ce mollusque ainsi que cela se rencontre communément dans le 2^e banc calcaire de saint Vincent et de saint Marc, c'est-à-dire à une lieue de distance NE. ¹ De petits cristaux jaunâtres et très brillants hérissent certaines éminences et cavités, quelques-unes des premières sont en ellipse et paraissent avoir suivi la ligne spirale du colimaçon ; les secondes imitent de petites géodes fort irrégulières.

En étudiant les surfaces, ma satisfaction fut extrême, lorsque j'aperçus un petit fragment osseux : de plus amples recherches continuées au marteau sur ces mêmes éclats me donnèrent la plus grande partie d'un os que je crois être un tibia et qui aurait appartenu à un petit quadrupède.

Je n'ai point endommagé les autres quartiers dans la crainte de m'attirer de justes reproches, mais je ne les perds pas de vue et je ne négligerai rien pour exciter le propriétaire actuel à reprendre les travaux abandonnés : cependant je ne puis rien préjuger sur sa détermi-

1. Erreur : c'est SE.

nation, car la pierre de cette provenance est d'une qualité inférieure à celle qui l'on trouve à une lieue Sud et Sud-Ouest : je veux dire à La Chapelle St Mesmin, à La Croix Noble, à Fourneaux et à Chaingy, bourgs et villages situés sur le coteau nord de la Loire et par conséquent en regard de Montabuzard.

La petite carte jointe à l'Atlas que je vous envoie pour communication, donne une idée assez exacte de la disposition du terrain compris entre mon village et la Loire : les plateaux et les vallées qui les séparent sont parallèles à ce fleuve.

La vallée du Soudon commence à l'est à la limite de la route de Château-dun, où le sol s'élève en un fer à cheval, dont les branches se continueraient à l'Ouest, savoir : celle du Nord pour donner Montabuzard, celle du Sud pour commencer le plateau du Grand Orme : cette vallée continue à l'Ouest et après plusieurs légères inflexions elle se dirige au Sud pour affluer dans la Loire entre la hauteur de Fourneaux et celle du Gardon : elle est de sable d'alluvion rougeâtre et très fin dans toute son étendue : sur le bord de la rue dite de la Deriotte et non loin de la grand'route, on a creusé d'après ma demande jusqu'à trente-deux pieds dans le sable sans épuiser l'épaisseur du banc et sans rencontrer les fossiles que je soupçonnais à la limite du calcaire et du sable. Ce sable s'élève même sur le plateau du Grand Orme, il se montre encore un peu sur son versant méridional, mais de là jusqu'à la Loire, la terre est généralement légère et plus ou moins mélangée de calcaire grossier : il y a bien quelques parties de sable, mais elles ne règnent que dans une faible proportion et cette demi-lieue de terrain qui sépare le Grand Orme de la Loire, renferme un banc calcaréo-siliceux qui s'exploite avec profit pour l'entretien des routes ; ce banc commence aux Aydes et finit vers la Chapelle, c'est-à-dire qu'il peut avoir deux lieues d'Est à Ouest. Il règne sous la partie Nord-Ouest de la ville d'Orléans, ainsi que le démontrent les exfodiations pour l'établissement des puits et caves.

Cette mine de silex confine à l'Est avec les trois ou quatre bancs de calcaire pur qui sont superposés les uns aux autres dans les paroisses de Saint-Vincent et Saint Marc ; ces bancs sont à quinze pieds de la surface et occupent ensemble une épaisseur de cinq à dix pieds ; ils sont pétris, surtout le second, d'une énorme quantité de Planorbes et de Buccins dans les spirales desquels le suc lapidifique s'est infiltré et ce qu'il m'a frappé surtout, c'est d'avoir trouvé la coquille de ces molusques, réduite il est vrai à une mince épaisseur, mais servant encore de moule à la pâte qui avait remplacé l'animal. Depuis lors, j'ai trouvé au hameau de près de l'ouverture d'une carrière et sur le tas de pierres nouvellement extraites, une masse subcylindrique de deux pieds de hauteur sur un pied d'épaisseur à sa grosse extrémité, laquelle se compose d'une souche d'osier, garnie d'une grande quantité de branches et dans l'intervalle desquelles une multitude d'hélices modernes (la livrée) se trouvaient engagées ; le tout forme un bloc résultant de l'incrustation la plus complète et fort récente

de ces substances végétales et animales. La présence d'eaux incrustantes est un fait connu dans l'intérieur de la ville d'Orléans, le puits de M^r Benoist-Deshauptchamp rue des Grands Champs, n° . . a forcé quelquefois le propriétaire à faire repiquer la circonférence du puisard qui s'obstruait par l'accumulation de ces espèces de stalactites et stalagmites réunis. M^r Depping cite un puits semblable dans le Portereau mais que je n'ai jamais pu découvrir.

Les hélices si communes dans le banc de Montabuzard sont très rares dans ceux de Saint-Vincent et surtout de Saint-Marc et les Bucins et Planorbes de ces deux endroits ne se trouvent point à Montabuzard.

En ce moment on voit une 50^e de toises d'un calcaire peu résistant et cristallisé sous la forme de galets qui ont communément de 2 à 4 pouces en épaisseur sur une circonférence de quatre pieds : cette pierre est alignée du Nord au Sud à 200 pas des anciennes carrières de Montabuzard, elle est fouillée à trois pieds sous le sol, le banc qui la donne paraît avoir de 2 à 4 pieds d'épaisseur, ce qui me ferait supposer qu'il y a dans cet endroit, comme à Saint-Marc, plusieurs bancs superposés dont les inférieurs seraient les plus durs et d'une cristallisation plus parfaite.

Suit la description de la sablière de Montchêne près de Chevilly.

La lettre du D^r Thion fixe la position des carrières de Montabuzard. L'ouverture des puits est à la cote d'environ 128, la base du calcaire exploité à celle de 120, ainsi qu'il résulte de la coupe donnée par Cuvier (voir plus loin).

Examinons maintenant la constitution géologique de la région.

Elle appartient à l'extrémité méridionale du plateau calcaire de la Beauce qui, au Nord, commence près d'Étampes et, au Sud, disparaît aux abords de la vallée de la Loire sous les Sables et argiles de la Sologne.

Près de Montabuzard, à Champgélín, se trouve le point culminant atteint de ce côté par le calcaire de Beauce, à l'altitude 136 m., tandis que tout autour il s'élève au plus à 130 m.

Cuvier a donné la coupe suivante des exploitations de Montabuzard :

Terre végétale. 0 m. 70 à 1 m.

Calcaire fragmentaire 4 m. à 5 m.

Banc de pierre marneux exploité (sorte de marne durcie) pénétré de toutes parts de coquilles d'eau douce et surtout de limnées et de planorbes. C'est dans ce banc qu'on a trouvé les ossements ép. 2 m.

Lockhart a décrit la constitution du niveau fossilifère : « la stratification des bancs calcaires de Montabuzard est imparfaite-

ment horizontale : on voit les lits solides passer confusément aux lits friables et ceux-ci contiennent eux-mêmes de nombreux blocs durcis. Les débris fossiles se sont rencontrés également dans la marne friable et dans les masses solides. Cette formation est lacustre et ne présente que des coquilles d'eau douce. »

Le calcaire de Montabuzard (alt. 120) renferme des grains de quartz dont les plus gros n'ont guère que 1 mm. de diamètre. J'ai retrouvé des calcaires à grains de quartz près de Sisse Levette (cote 125) et au Bout des Coudes à peu près à la même altitude. Il y a donc là une zone assez bien définie de calcaires à grains de quartz.

Au pied du versant S. du coteau de Montabuzard, versant formé par des calcaires solides ou marneux, existe une petite vallée, orientée du NE au SW, dite de la Deriotte, dans laquelle passe la route qui d'Ingré va rejoindre la route nationale. Le fond de cette vallée, sur quelques centaines de mètres de largeur, est occupé par un dépôt sableux qui a été exploité en de nombreux points des deux côtés de la route. Ce dépôt commence près de la ligne d'Orléans à Chartres et s'étend au SW jusqu'à Chivache, c'est-à-dire sur une longueur un peu inférieure à 3 km. De l'autre côté d'Ingré, il pénètre au N dans la partie basse du village Le Bout de Coudes.

Ces sables sont blancs, jaunes, grisâtres : ils sont assez fins. Dans l'échantillon que j'ai recueilli, la majeure partie passe au crible de 2mm, les plus gros n'atteignent pas 5mm. : on y rencontre de rares petits éclats de silex à patine noire. Ces sables sont constitués par des grains de quartz hyalin ou laiteux : ils sont teintés en jaune par un enduit ferrugineux qui disparaît par l'attaque des acides. On y observe quelques quartz bipyramidés et quelques feldspaths.

Le dépôt offre l'apparence d'une stratification entrecroisée formée par des lignes obliques aux lits de la stratification. Il renferme des lentilles argileuses plus ou moins développées. On y a trouvé des bois silicifiés (Lockhart, 1884) et, vers 1884, M. Dumuys, Conservateur du musée historique de l'Orléanais, a recueilli des ossements fossiles dans une carrière ouverte un peu au NW de Bel-Air et à 500 m. environ au S. d'Ingré. Parmi ces ossements, déposés au Musée d'histoire naturelle d'Orléans, quelques-uns appartiennent à *Brachyodus onoïdeus*. D'après cela, comme d'après leur nature et leur mode de dépôt, ces sables doivent donc être classés dans l'assise des Sables de l'Orléanais.

Lockhart a signalé (1859) qu'ils présentent à leur partie supé-

rière quelques minces lits de marne. En 1920 M. Denizot¹ a donné la coupe d'un forage exécuté sur le bas du versant N. de la vallée, non loin d'Ingré. Celui-ci a recoupé de haut en bas.

- | | |
|--|-------------------|
| 5). Marne blanche, friable, se chargeant vers le sommet de petits bancs de calcaire marneux à grains de quartz incorporés... | 1 ^m 50 |
| 4). Marne blanche veinée d'argile verte, passant à argile verte à nodules marneux..... | 0. 44 |
| 3). Argile verte..... | 0. 29 |
| 2). Argile sableuse (altitude 115 ^m environ)..... | 0. 06 |
| 1). Sable pur jaune. | |

Cette coupe montre donc que dans la vallée Deriotte les sables sont surmontés par l'assise des marnes de l'Orléanais.

J'ai observé dans la région (1902) d'autres gisements de sables offrant les mêmes caractères de composition et de gisement que ceux de cette vallée, notamment près de Sisse-Levrette, à l'altitude de 125 environ.

Il y a donc une différence d'une douzaine de mètres entre les deux dépôts et même cette différence est en réalité beaucoup plus grande si l'on part des surfaces de base, car à Sisse-Levrette les sables ne descendent pas profondément, tandis que dans la vallée Deriotte ils ont une épaisseur plus considérable qui peut être évaluée à une quinzaine de mètres.

C'est ce que montre par exemple un puits foré vers 1902 pour une maison située dans l'angle NW de la route nationale et de la route d'Ingré. D'après les dires concordants du propriétaire et du puisatier on avait rencontré :

(altitude du sol 113).

Sables	11 ^m 00
Silex.....	1. 30
Tuf.....	3. 00
Craie ² .	

M. Dumüys nous a fait connaître qu'une carrière de sable autrefois exploitée dans le parc de Bel-Air, c'est-à-dire au-dessus du niveau de la vallée, avait atteint le calcaire lacustre à une profondeur de 8 m.

Il y a donc en réalité près de 25 m. de différence d'altitude entre la base des dépôts sableux de la vallée Deriotte et celle

1. G. DENIZOT. Sur la position stratigraphique du calcaire de Montabuzard, près Orléans, *CR. Ac. des Sciences*, t. 171, p. 1006.

2. C'est-à-dire marne lacustre.

des dépôts de Sisse-Levrette ; or, en ligne droite, il n'y a pas 500 m. de distance entre eux.

En raison de cette différence d'altitude il paraît impossible que ces dépôts de même âge aient pu être originairement formés dans les mêmes eaux et dans leurs positions respectives actuelles.

Alors, comment expliquer cette anomalie ? évidemment par des modifications qui se sont produites postérieurement à leur formation.

Il ne me semble pas que l'on puisse recourir à l'hypothèse d'une faille, rien ne l'indique¹ ; par contre l'examen des conditions actuelles de gisement conduit à regarder ces deux

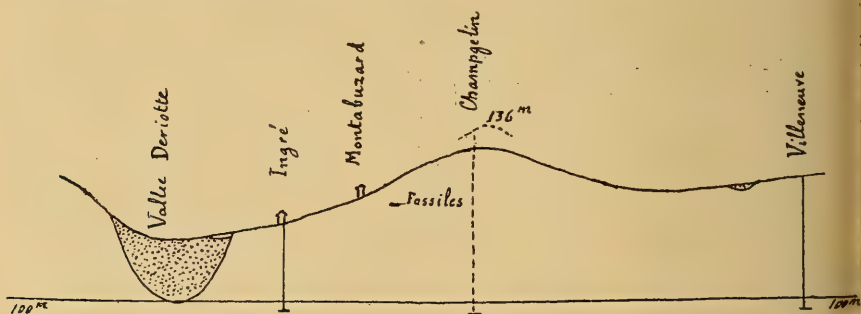


FIG. 1. — COUPE DE VILLENEUVE A INGRÉ.

Le pointillé indique les Sables de l'Orléanais sur le calcaire et les marnes lacustres.

dépôts comme descendus plus ou moins profondément dans la masse calcaire sous-jacente par suite d'une dissolution locale de celle qui leur servait de support immédiat.

Le plateau de la Beauce fournit de nombreux exemples de cette disposition et montre des lambeaux de sables et de marnes de l'Orléanais enfouis dans des poches du calcaire lacustre : j'en ai observé de tels à Trinay (fossilifère), puis quelques centaines de mètres plus loin au Sud, à Bellassie (fossilifère), d'autres aux environs de Boisseaux et d'Angerville où l'on a même exploité pour tuileries des glaises se rattachant à l'assise des Sables et argiles de la Sologne, elles aussi logées dans des dépressions du calcaire lacustre.

Les sables exploités près de Sisse-Levrette ne m'ont pas paru s'étaler à la surface du plateau, mais être constitués par de

1. Dans un puits de Moulin-Choix et dans celui de l'angle de la route nationale et de la route d'Ingré, les bancs de silex se trouvent à peu près à la même altitude, aux environs de la cote 100.

petits lambeaux isolés contenus dans des poches en forme d'entonnoirs.

Le gisement de sables de la vallée Deriotte occupe une grande cuvette de forme allongée creusée dans le calcaire lacustre ; celle-ci commence près de la voie ferrée, de l'autre côté de laquelle on aperçoit un talus de calcaire lacustre avec placage de sables grossiers et galets de silex. Cette cuvette descend rapidement à une profondeur de 13 à 15 m. Il me semble impossible de l'attribuer à l'érosion d'un cours d'eau ; à mon avis elle résulte d'une dissolution du calcaire.

Il paraîtrait assez naturel de considérer les marnes, qui surmontent le dépôt sableux de la vallée Deriotte et qui appartiennent à l'assise des Marnes de l'Orléanais, comme se continuant par les calcaires marneux inférieurs au niveau fossilifère de Montabuzard. Il n'en est rien, comme le montrent les données fournies par les forages de puits de la région, données que j'ai recueillies en 1902.

En plein bourg d'Ingré un puits (alt. 115 à 120 m.), a, sur 26 m., traversé 7 à 8 m. de marnes et 18 m. de tuf sans recouper de sables. Un peu plus loin à l'W, à l'entrée du Bout de Coudes, un puits est resté, sur une profondeur de 30 m., dans le calcaire lacustre avec bancs de silex, tandis que 200 m. plus loin, encore à l'W, à une altitude inférieure de plusieurs mètres, les puits, des deux côtés de la route, ont traversé à partir du sol 8 m. de sables pour atteindre l'eau. Plus loin encore un puits de 28 m. est resté uniquement dans le lacustre sans sables.

Ainsi les puits creusés au pied du versant de Montabuzard, près du dépôt sableux et à un niveau un peu supérieur à ce dépôt, n'ont pas rencontré de sables, bien qu'ils soient descendus notablement plus bas que le dépôt sableux.

Ceci prouve clairement que les sables de la vallée Deriotte ne se prolongent pas au N sous la colline de Montabuzard et qu'ils sont plaqués contre le calcaire lacustre.

J'ajouterai que tous les puits de la région, Sellières (alt. 115 m., profondeur 18 m. 60), Champgelin (alt. 132, prof. 40), Moulin-Choix (alt. 120, prof. 36) ont traversé uniquement des calcaires et marnes lacustres sans aucune intercalation sableuse.

Je suis donc conduit à cette conclusion que les couches fossilifères de Montabuzard ne sont pas supérieures à une zone sableuse et qu'elles sont intercalées dans le massif calcaire qui, du point culminant de Champgelin (136 m.) descend vers la vallée de la Deriotte, sous laquelle on le retrouve à l'altitude de 100 m. environ.

Je dois reconnaître que la conclusion à laquelle j'arrive est en désaccord avec les résultats de l'étude des faunes de Mammifères, tels qu'ils ont été formulés par M. Stehlin dans son important travail de 1907¹. Le désaccord n'est pas sans me laisser dans une certaine perplexité et cependant je ne vois aucune autre solution stratigraphique possible eu égard aux faits dûment constatés sur lesquels je viens d'insister.

Je rappellerai brièvement les déductions de M. Stehlin relativement aux faunes des divers niveaux fossilifères de l'Orléanais.

Il fait remarquer que dans les gisements sableux, désignés comme sables de l'Orléanais et jugés comme exactement contemporains, il y a des faunules locales qui semblent indiquer deux groupes d'âges sensiblement différents et il signale que Chilleurs, Artenay, Neuville-au-Bois, doivent être un peu plus anciens que Beaugency, Avaray, Chevilly, Baigneaux.

Quant aux sables de Chitenay, dans le Blésois, il envisage leur faune comme sensiblement plus archaïque que celle même de Chilleurs et de Neuville-au-Bois et il se demande si ces sables ne seraient pas l'équivalent de la mollasse du Gâtinais et si le calcaire qui les recouvre ne devrait pas être rapporté au Calcaire de l'Orléanais (Calcaire de Beauce supérieur).

Je crois avoir démontré le bien fondé de cette déduction de M. Stehlin par les coupes que j'ai relevées au cours de mes excursions de 1911², coupes dont je maintiens l'exactitude.

Je veux appuyer sur ce point, qui a été discuté, en reprenant en particulier celle que l'on peut relever en partant de la vallée du Beuvron et se dirigeant vers le Sud.

On recoupe successivement, en s'élevant dans l'échelle stratigraphique, les terrains suivants dont la superposition est indiscutable.

- 1 Sables gris grossiers.
- 2 Calcaires solides.
- 3 Sables fins jaunes.
- 4 Marnes noduleuses.
- 5 Sables et argiles de la Sologne.

L'assise 1 est celle des sables de Chitenay exploités dans une grande carrière fossilifère près de la route de Sœur à Chevenelles et dans une autre tout proche du bourg de Chitenay.

1. STEHLIN. Dépôts miocènes de la Loire et de l'Allier. *B.S.G.F.*, 1907, (4), VII, p. 525.

2. *Bull. Carte géol. de France*, XXI, n° 132, mai 1912.

Leur recouvrement par les calcaires n° 2 a été établi péremptoirement par le puits du château de Chevenelles et peut se constater en de nombreux points de la région. Ces calcaires épais de plusieurs mètres (8 m. près d'Ouchamps) forment une roche très solide qui constitue un vaste plateau s'étendant au S jusqu'à la route de Cour-Cheverny à Fougères ; ils ne peuvent être assimilés aux Marnes de l'Orléanais dont ils diffèrent nettement, car ils sont assez durs et renferment des bancs de silex, caractères qui n'ont été constatés nulle part dans cette dernière assise.

D'ailleurs en arrivant à la route de Cour Cheverny à Fougères on les voit disparaître sous les sables fins n° 3 *complètement différents* des sables n° 1 et en outre situés à une altitude supérieure à celle de ces derniers. Cette nouvelle assise sableuse a tout à fait l'aspect des Sables de l'Orléanais et elle est recouverte par les marnes n° 4 qui, elles, ressemblent aux Marnes de l'Orléanais et doivent leur être assimilées, car elles sont surmontées directement par les Sables et argiles de la Sologne.

De là résulte que les calcaires 2, inférieurs aux Sables de l'Orléanais ne peuvent que représenter le Calcaire de Beauce supérieur.

Cette coupe confirme donc complètement l'hypothèse émise en 1907 par M. Stehlin,

Quant à ce qui concerne le calcaire de Montabuzard, sa faune d'après M. Stehlin, a plus d'affinités avec celles de Chevilly, Beaugency,... qu'avec celles plus archaïques de Chilleurs et d'Artenay. Ceci indiquerait que ce calcaire se placerait au niveau du groupe supérieur des gisements de Sables de l'Orléanais et que, dès lors, il ne pourrait être compris dans la masse du Calcaire de Beauce supérieur. Comment concilier cette déduction tirée de l'étude des faunes avec les conclusions stratigraphiques auxquelles j'ai été conduit ? Là est le point délicat du problème.

REMARQUES SUR LE RAMEAU D'*AVICULA OXYTOMA* *INÆQUIVALVIS* SOW. L.

PAR M^{lle} S. Gillet¹.

Le rameau d'*Oxytoma inæquivalvis* Sow., espèce callovienne, est le plus important et presque le seul qui existe au Secondaire dans le sous-genre *Oxytoma*. Il apparaît dès le Trias.

Les auteurs y ont distingué une série d'espèces du Rhétien au Néocomien². J'ai indiqué antérieurement³ que je considère ces espèces comme de simples variétés d'une espèce unique qui donne de temps à autre un rameau latéral représenté par un



FIG. 1 a. Valve inférieure, forme la plus fréquente où les côtes de 2^e ordre tendent à se confondre avec celles de 1^{er} ordre ; b. valve supérieure

type à caractères distincts, et j'ai employé pour *Oxytoma Cornueliana* D'ORB. la désignation *O. inæquivalvis* Sow. var. *Cornueliana* D'ORB. J'adopterai une désignation analogue pour les espèces de chaque étage considérées comme de simples variétés.

Comme je le disais dans le travail précité, Lukas Waagen a exprimé la même opinion sur la stabilité du rameau⁴ ; mais, il attribue chacune des variétés de l'espèce à un certain nombre d'étages déterminés, comme nous le verrons plus loin. J'expliquerai alors pourquoi je ne peux suivre sa manière de voir.

La forme la plus complète de l'espèce est celle où il existe des côtes de trois ordres de grandeur ; on la rencontre rarement, car en général les côtes de 3^e ordre ont disparu ; on peut la considérer comme l'espèce type (fig. 1).

La plupart des individus ont une coquille peu convexe, peu oblique, à échancrure byssale faible. L'aile postérieure est lisse ou striée.

1. Note présentée à la séance du 17 décembre 1923.

2. Voir ROLLIER : *Mém. Soc. Pal. Suisse*, 1914-1915, vol. XL, p. 398.

3. *Bull. Soc. Sc. Yonne*, 1921, t. 75, p. 99.

4. *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst.*, 1901, p. 1.

Les côtes de premier ordre sont de 12 à 18. Dans le dernier cas, les côtes de 2^e ordre sont confondues avec celles de premier ordre. Certaines coquilles ont des stries concentriques, nous verrons plus loin que c'est un caractère de jeune.

La charnière est composée d'une longue dent parallèle au bord cardinal. Elle est stable dans toute l'existence du groupe.

Le muscle adducteur est antérieur ; chez *Avicula s. str.*, il est submédian.

La coquille du jeune est visible au niveau du crochet sur un certain nombre de coquilles bien conservées du Lias et de l'Oxfordien de Villers. Les stries concentriques, très prononcées, semblent s'effacer peu à peu avec l'âge. Les côtes sont toutes d'importance égale ; au fur et à mesure que la coquille s'accroît, ces dernières se différencient en trois ordres de grandeur ou en deux, suivant les variétés. Chez les jeunes individus que j'ai examinés, l'oreille antérieure était aiguë (fig. 2).

Les diverses variétés d'*O. inæquivavis* Sow. ont été à peu près énumérées par L. Waagen (*loc. cit.*).

1^o Sa variété *intermedia* EMMRICH qu'il cite avec raison dans tous les étages est la forme typique à côtes de trois grandeurs dont j'ai parlé plus haut¹.

Dans sa deuxième variété, *Münsteri* BRONN² les côtes de second ordre ont autant d'importance que celles de premier ordre, de sorte que celle de troisième grandeur ont pris la place de celles de seconde grandeur ; l'ornementation est ainsi plus serrée. Il ne la signale que dans le Jura brun et le Lias. Or, on la trouve dans *O. Octavia* D'ORB. du Portlandien, dans *O. Cornueliana* D'ORB. du Néocomien.

J'ai examiné dans les collections de la Sorbonne une trentaine d'individus de l'Oxfordien de Villers appartenant à cette variété, quelques-uns seulement ont le test strié concentriquement ; on trouve sur une même coquille le passage de cette variété à la précédente.

La troisième variété distinguée par Waagen³ est la variété *interlævigata* QUENST. ; l'ornementation très fine n'est visible qu'à la loupe (la côte médiane de 2^e ordre reste toujours plus accentuée que les côtes de troisième ordre.) Elle existerait,



FIG. 2. Coquille d'un jeune de l'Oxfordien de Villers.

1. *Loc. cit.*, pl. 1, fig. 1.

2. *Loc. cit.*, pl. 1, fig. 4, 9 et 11.

3. *Loc. cit.*, pl. 1, fig. 8 et 10.

d'après cet auteur, dans le Lias et le Jurassique moyen, mais on la trouve dans tous les étages.

Dans la quatrième variété de Waagen, la variété *expansa* PHIL.¹, toutes les côtes sont aussi importantes les unes que les autres, de sorte que l'ornementation est devenue très serrée ; on ne voit pas de fines côtes entre ces grandes côtes. L'oreille postérieure est bien séparée du corps de la coquille. Il attribue cette forme au « Corallien » ; en réalité, on trouve, dans le Néocomien, par exemple, des variétés à ornementation semblable. La forme de l'oreillette n'a aucun rapport avec l'ornementation du test, comme Waagen semble le croire ; nous verrons plus loin les différentes formes que cette oreillette peut prendre.

La cinquième variété *macroptera* de L. Waagen², attribuée au Néocomien³, est distinguée, d'après lui, par l'aile postérieure peu séparée de la coquille ; le test porte, entre les côtes de premier ordre, une forte côte de second ordre et de fines stries entre ces côtes. Le variété n'est pas caractéristique du Néocomien ; je l'y ai, au contraire, rarement rencontrée. Elle existe, peu fréquente également, chez les formes du Lias, comme *O. sinemu-riensis* CHAP. et DEW. L.

En résumé, dans l'espèce qui s'étend du Rhétien au Néocomien, et qui doit garder le nom de l'espèce callovienne : *O. inæquivalvis* Sow., première décrite, on trouve à peu près toutes les variétés d'ornementation du test dans chaque étage et aucune variété ne peut être considérée comme caractéristique d'un étage donné, comme le semblait croire L. Waagen ; quant à la forme de l'aile postérieure, elle varie également ; elle est aiguë, tronquée ou rectiligne suivant les individus. Elle ne représente nullement un caractère spécifique.

Sa forme paraît liée à celle de la coquille et au développement plus ou moins grand de l'échancrure byssale. Tous trois sont facteurs du milieu ambiant, le faciès fond paraissant être le plus important.

Dans les marnes liasiques, par exemple, on trouve des variétés à oreille postérieure large et peu échancrée, à coquille très peu convexe, à échancrure byssale peu profonde.

Ce sont des formes de fonds meubles sur lesquels l'animal pouvait reposer sans faire presque usage de son byssus⁴ ; la

1. *Loc. cit.*, pl. 1, fig. 3.

2. *Loc. cit.*, pl. 1, fig. 7 et 14.

3. *O. macroptera* ROEM. = *O. Cornueliana* d'ORB.

4. ROEDER a suggéré que la profondeur de l'échancrure byssale devait dépendre de l'agitation plus ou moins grande de l'eau ambiante, ce facteur doit être moins important que la nature du fond.

coquille s'aplatit et l'aile postérieure s'élargit pour résister à l'envasement (fig. 3).

Toutes les variétés des faciès marneux ont une ornementation assez bien développée.

Dans les formations oolithiques du Jurassique moyen, au contraire, qui proviennent d'un sol rocheux et peu stable, on trouve des variétés à coquille généralement très bombée, caractère qui existe chez presque tous les animaux qui vivent dans le balancement des marées, par exemple, les Moules ¹. L'aile postérieure est souvent aiguë, à cause d'une profonde échancrure à sa partie inférieure. Elle pouvait aider ainsi la fixation de l'animal au rocher. L'échancrure byssale est devenue plus profonde, sans



FIG. 3. — *Oxytoma inaequalis* Sow.; variété vivant dans un milieu vaseux.



FIG. 4. — *Oxytoma inaequalis* Sow.; variété vivant sur un sol rocheux.

doute à cause du plus grand développement du byssus ². La coquille est oblique (fig. 4).

Dans ces variétés, les côtes de premier ordre seules subsistent. On y constate parfois ³ la présence d'épines surmontant les côtes et s'étendant jusqu'au bord de la coquille. L'aile postérieure est profondément échancrée et terminée en pointe aiguë. Ces variétés vivaient dans un milieu peu profond et riche en végétaux, donc riche en calcaire ⁴. La production de ces épines pouvait aider l'animal à se fixer sur le fond rocheux où il vivait.

Derniers représentants du rameau.

Le rameau principal *O. inaequalis* Sow. semble éteint avec le début du Crétacé, on n'en trouve pas de représentant à l'Albien.

1. Les variétés de *Mytilus edulis* L. qui découvrent à marée basse sont beaucoup plus courtes et épaisses que celles qui ne sont jamais mises à sec par la marée.

2. Il faudrait vérifier expérimentalement si le plus ou moins grand usage du byssus peut amener une modification sensible dans la forme de l'échancrure de la coquille. En tout cas, chez les formes libres, cette échancrure disparaît presque complètement.

3. Chez quelques individus silicifiés du Bajocien du Mont d'Or lyonnais, zone à *L. concavum* (coll. Sorbonne).

4. L'abondance du CO₂ dégagé par les végétaux produit un excès de CO₃ Ca directement assimilable que l'animal doit utiliser en épaississant son test (formes récifales) ou en sécrétant des épines.

L. Waagen a fait connaître une espèce cénomanienne qu'il considère comme une simple variété : *cenomanense* REDL. du Cénomanién supérieur ou du Turonien inférieur des Alpes Vénitiennes (*loc. cit.*, p. 22, fig. 2). La côte radiale de premier ordre est dédoublée. Ceci est un nouveau caractère, dont on ne trouve aucune trace dans les variétés précédentes, et qu'on peut considérer comme un caractère spécifique. C'est une *mutation* au sens propre du mot. L'oreille postérieure est large et courte, l'échancre byssale est bien marquée à l'oreillette antérieure.

Au Sénonien, on trouve dans le Delaware, *O. Laripes* MORT. (*tenuicosta* D'ORB.) qui présente des côtes de premier et de second ordre. Il est difficile de savoir si elle appartient à un autre rameau évoluant parallèlement au rameau européen.

Rameaux dérivés.

Au Bathonien, *O. costata* Sow. dérive d'*O. Münsteri* GOLDF. ; les côtes sont plus épaisses et moins nombreuses ; l'espèce est limitée à cet étage où elle est très abondante dans les faciès oolithiques. A l'Albien, on trouve un premier rameau formé par une espèce unique : *O. Rauliniana* D'ORB., dont le type vient des Ardennes, et que j'ai recueillie à Saint-Florentin (Yonne) ; les côtes sont à peines marquées et très distantes les unes des autres ; un deuxième rameau débute à l'Albien avec *O. pectinata* Sow. qui se poursuit dans le Cénomanién ; les côtes de premier ordre sont très serrées, il y a des côtes de deuxième et de troisième ordre.

O. tenuicostata ROEM. du Sénonien doit appartenir au même rameau. Les côtes sont beaucoup plus fines et serrées. Elle est abondante dans le faciès crayeux.

Conclusions.

Le rameau d'*O. inæquivalvis* Sow. semble bien composé par une seule espèce à multiples variétés se retrouvant à peu près dans chaque étage et paraissant liées au mode de gisement. Nous ne pouvons donc pas parler de *mutation* là où il y a stabilité. Cette espèce s'éteint au Néocomien et donne un descendant au Cénomanién où le rameau principal prend fin. Je garde le nom spécifique donné à *O. inæquivalvis* dans chaque étage, à titre de variété, *inæquivalvis* comme nom spécifique.

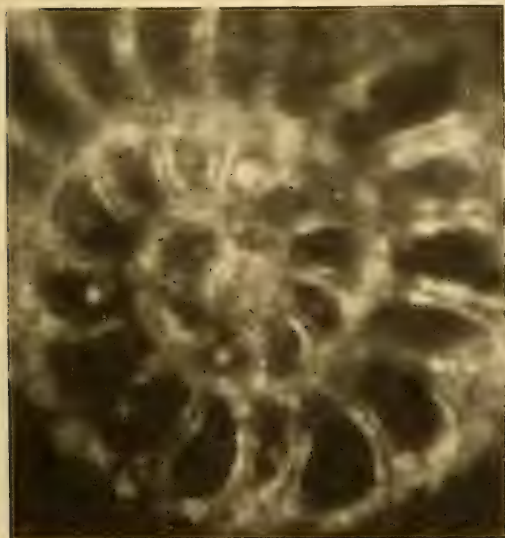
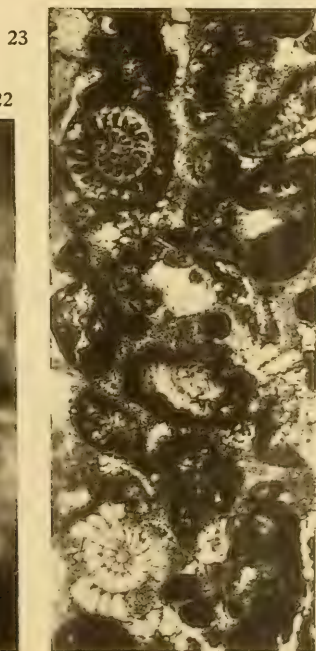
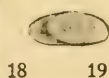
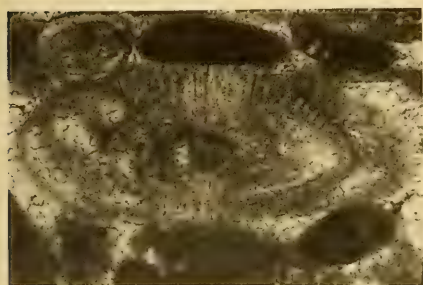
EXTENSION STRATIGRAPHIQUE DU RAMEAU D'*O. INÆQUIVALVIS* SOW.¹.

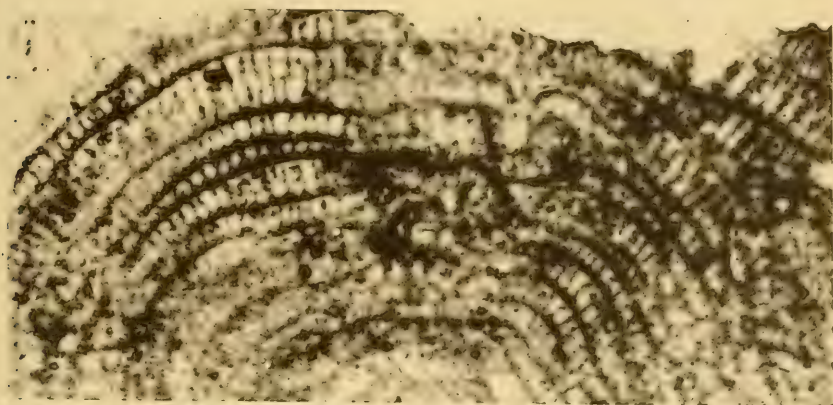
SÉNONIEN	?	<i>O. tenuicostata</i> ROEM.
CÉNOMANIEN	<i>O. cenomanense</i> REDL.	
ALBIEN	<i>O. pectinata</i> SOW.	
NÉOCOMIEN	<i>O. inæquivalvis</i> SOW. var. <i>Cornucliana</i> D'ORB. <i>O. Rauliniana</i> D'ORB.	
PORTLANDIEN	<i>O. inæquivalvis</i> SOW. var. <i>Octavia</i> D'ORB.	
SÉQUANIEN	<i>O. inæquivalvis</i> SOW. var. <i>expansa</i> PHIL.	
ARGOVIEN	<i>O. inæquivalvis</i> SOW. var. <i>Mülleri</i> MOESCH	
OXFORDIEN	<i>O. inæquivalvis</i> SOW. var. <i>peralata</i> GREP.	
CALLOVIEN	<i>O. inæquivalvis</i> SOW.	
BATHONIEN	<i>O. inæquivalvis</i> SOW. var. <i>transversa</i> TERQ. et JOURD.	
BAJOCIEN	<i>O. inæquivalvis</i> SOW. var. <i>Münsteri</i> GOLDF. <i>O. costata</i> SOW.	
LIAS SUP.	<i>O. inæquivalvis</i> SOW. var. <i>ferruginea</i> ROLL.	
LIAS MOYEN	<i>O. inæquivalvis</i> SOW. var. <i>Dumortieri</i> ROLL.	
LIAS INF.	<i>O. inæquivalvis</i> SOW. var. <i>sinemuriensis</i> D'ORB.	
TRIAS	<i>O. Czethowski</i> TELLER v. <i>O. venetiana</i> HAUER	

1. Je ne cite que les variétés les plus caractéristiques de chaque étage.

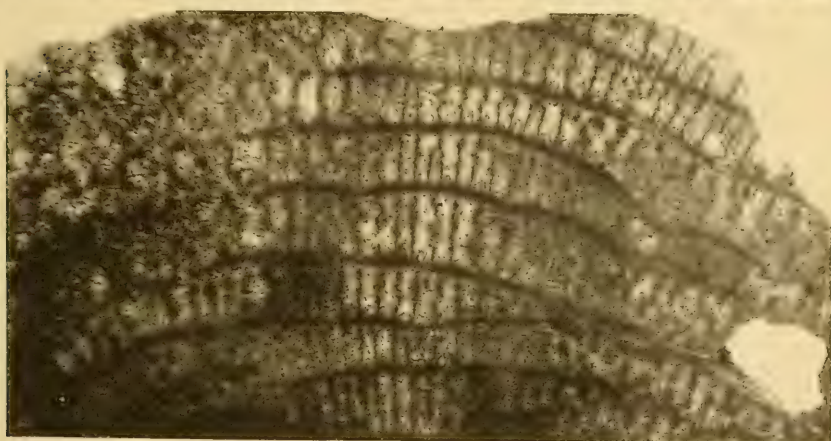




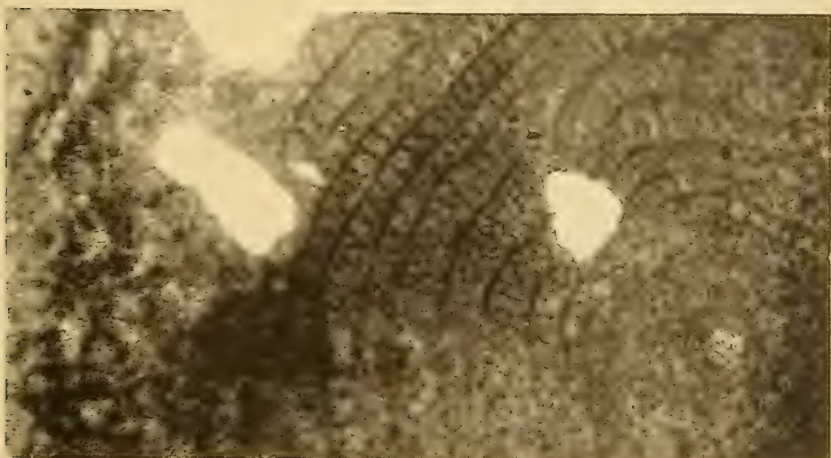




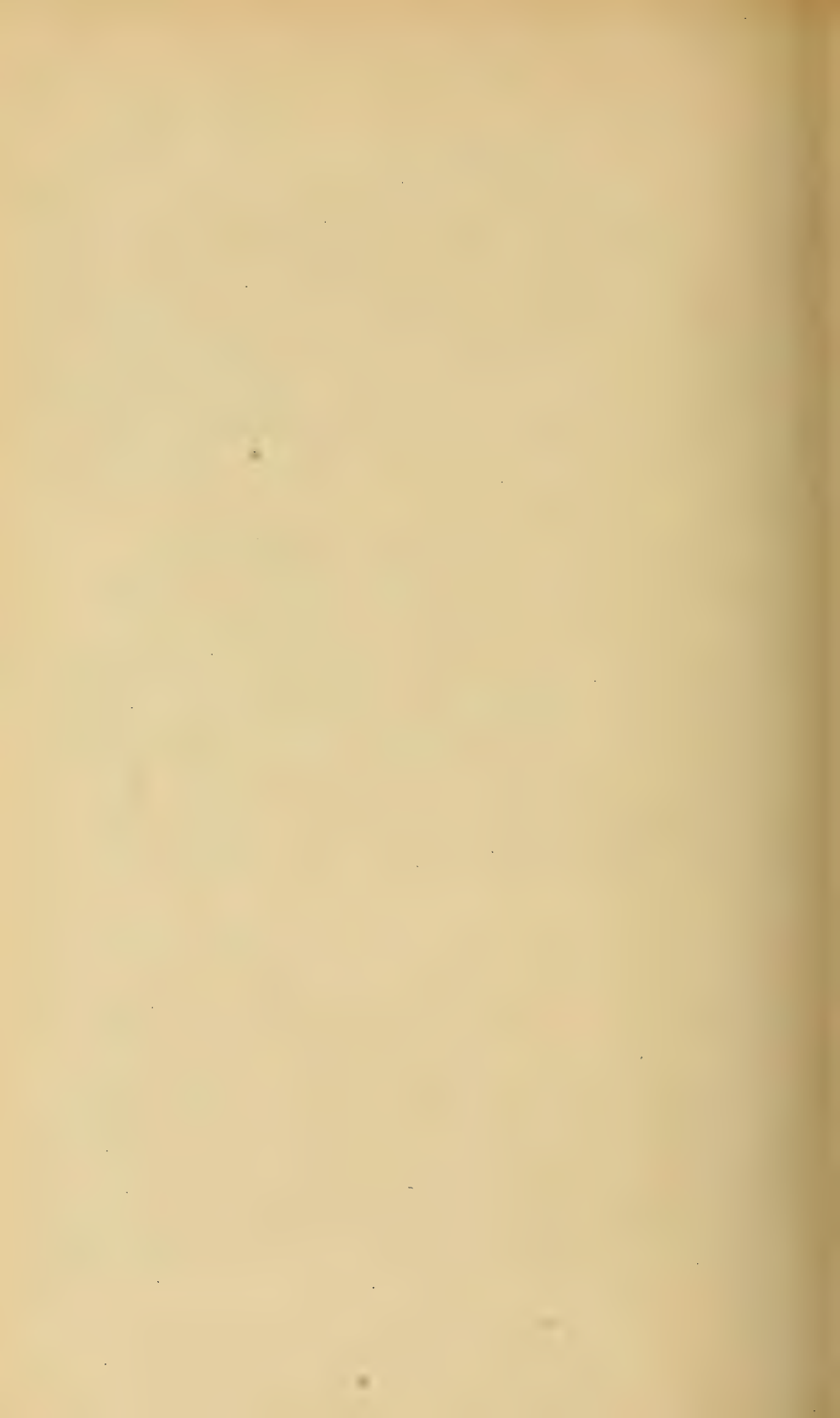
× 40

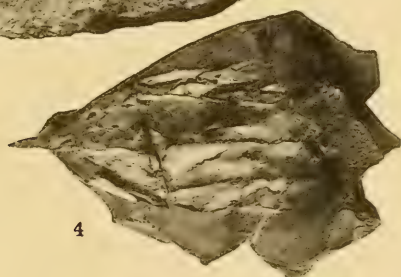
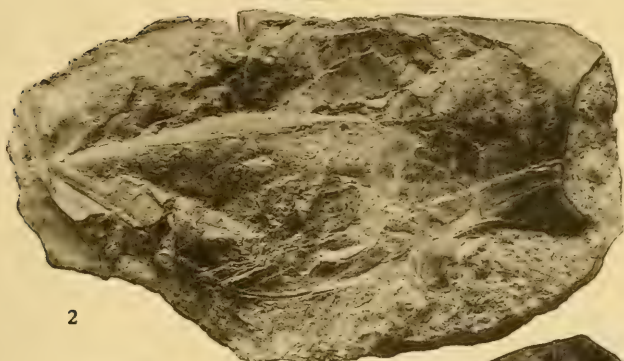
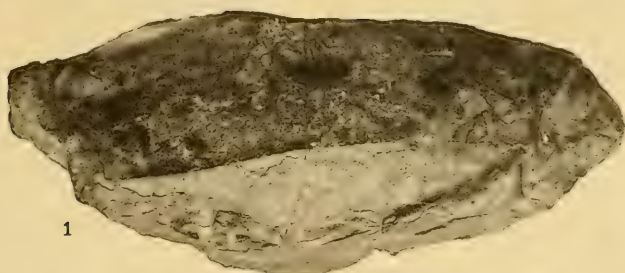


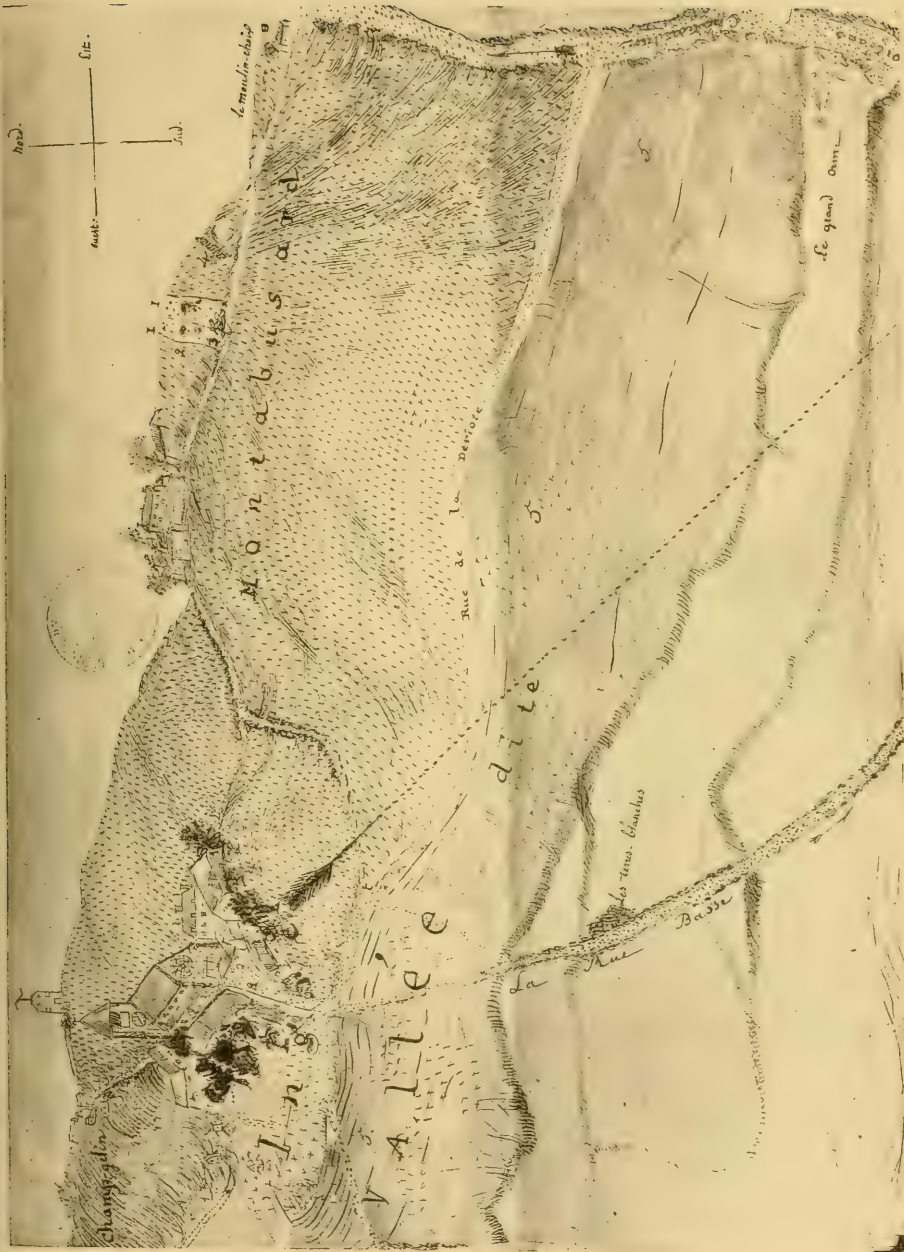
× 60



× 60







MÉMOIRES-PALÉONTOLOGIE

Liste des Mémoires qui se vendent isolément :

15. S. STÉFANESCU. Etudes sur les terrains tertiaires de la Roumanie; Contribution à l'étude des faunes sarmatique, pontique et levantine. 11 pl., 152 p.....	25 fr.
19. M. COSSMANN. Contribution à la Paléontologie française des terrains jurassiques (en cours); Gastropodes: Nérinées, 13 pl., 180 p.....	45 »
20. V. POPOVICI-HATZEG. Contribution à l'étude de la faune du Crétacé supérieur de Roumanie; Environs de Campulung et de Sinaia. 2 pl., 22 p.....	12 »
21. R. ZEILLER. Etude sur la flore fossile du bassin houiller d'Héraclée (Asie-Mineure). 6 pl., 91 p.....	50 »
22. P. PALLARY. Sur les Mollusques fossiles terrestres, fluviatiles et saumâtres de l'Algérie. 4 pl., 218 p.....	15 »
23. G. SAYN. Les Ammonites pyriteuses des marnes valanginiennes du Sud-Est de la France (en cours). 6 pl., 69 p.....	25 »
24. J. LAMBERT. Les Echinides fossiles de la province de Barcelone. 9 pl., 128 p.....	25 »
25. H.-E. SAUVAGE. Recherches sur les Vertébrés du Kiméridgien supérieur de Fumel (Lot-et-Garonne). 5 pl., 36 p.....	18 »
26. Ch. DEPÉRET et F. ROMAN. Monographie des Pectinidés néogènes de l'Europe et des régions voisines (1 ^{re} partie: genre <i>Pecten</i>) (en cours). 23 pl., 169 p.....	130 »
27. G. DOLLFUS et Ph. DAUTZENBERG. Conchyliologie du Miocène moyen du Bassin de la Loire; Description des gisements fossilifères; Pélécytopodes. 51 pl., 500 p.....	300 »
28. Marcellin BOULE. Le <i>Pachyæna</i> de Vaugirard. 2 pl., 16 p.....	20 »
29. V. PAQUIER. Les Rudistes urgoniens. 13 pl., 102 p.....	40 »
30. Ar. TOUCAS. Etudes sur la classification et l'évolution des Hippurites. 17 pl., 128 p.....	45 »
31. Albert GAUDRY. Fossiles de Patagonie: Dentition de quelques Mammifères. 28 p., 42 fig. dans le texte.....	15 »
32. Paul LEMOINE et Robert DOUVILLÉ. Sur le genre <i>Lepidocyclus</i> Gumbel. 3 pl., 42 p.....	15 »
33. Ferdinand CANU. Les Bryozoaires du Patagonien. Echelle des Bryozoaires pour les Terrains tertiaires. 5 pl., 30 p.....	15 »
34. Charles EASTMAN. Les types de Poissons fossiles du Monte-Bolca au Muséum d'Histoire naturelle de Paris. 5 pl., 32 p.....	15 »
35. V. POPOVICI-HATZEG. Les Céphalopodes du jurassique moyen du Mont Strunga (massif de Bucegi, Roumanie). 6 pl., 28 p.....	30 »
36. Ar. TOUCAS. Etudes sur la classification et l'évolution des Radiolitidés. 24 pl., 132 p.....	60 »
37. Edm. PELLAT et M. COSSMANN. Barrémien supérieur à faciès urgonien de Brouzet-lez-Alais (Gard). 9 fig. texte, 6 pl., 42 p.....	20 »
38. Charles JACOB. Etude sur quelques Ammonites du Crétacé moyen. 44 fig., 9 pl., 64 p.....	20 »
39. A. PEZANT. Etude iconographique des Pleurotomes fossiles du Bassin de Paris. 5 pl., 30 p.....	15 »
40. P.-H. FRITEL. Etudes sur les végétaux fossiles de l'étage Sparnacien du Bassin de Paris. 3 pl., 37 p.....	10 »
41. Henri DOUVILLÉ. Etudes sur les Rudistes. Rudistes de Sicile, d'Algérie, d'Égypte, du Liban et de la Perse. 7 pl., 84 p.....	20 »
42. Léon PERVINQUIÈRE. Sur quelques Ammonites du Crétacé algérien. 7 pl., 86 p.....	20 »
43. Robert DOUVILLÉ. Céphalopodes argentins. 3 pl., 24 p.....	15 »
44. Gustave F. DOLLFUS. Les coquilles du Quaternaire marin du Sénégal. Introduction géologique par A. DEREIMS. 4 fig., 4 pl., 72 p.....	16 »
45. Robert DOUVILLÉ. Etude sur les Cardiocératidés de Dives, Villers-sur-Mer et quelques autres gisements. 84 fig., 5 pl., 77 p.....	25 »
46. Maurice COSSMANN. Contribution à la paléontologie française des terrains jurassiques (voir mém., n° 14, 19); <i>Cerithiacea</i> et <i>Loxonematacea</i> . 11 pl., 264 p.....	150 »
47. Lucien MORELLET et Jean MORELLET. Les Dasycladacées du Tertiaire parisien. 24 fig., 3 pl., 43 p.....	10 »
48. Robert DOUVILLÉ. Etudes sur les Oppellidées de Dives et Villers-sur-Mer. 31 fig., 2 pl., 26 p.....	15 »

49-50. F. PRIEM. Sur des Poissons fossiles et en particulier des Siluridés du Tertiaire supérieur et des couches récentes d'Afrique (Egypte et région du Tchad). — Sur des Poissons fossiles des terrains tertiaires d'eau douce et d'eau saumâtre de France et de Suisse. 9 pl., 30 p.....	20
51. P. DE BRUN, C. CHATELET et M. COSSMANN. Le Barrémien supérieur à faciès urgonien de Brouzet-lez-Alais (Gard) (v. mém. n° 37). 4 fig., 5 pl., 56 p.....	15
52. Henri DOUVILLÉ. Le Barrémien supérieur de Brouzet. 20 p., 4 pl.....	15
53. J. REPELIN. Monographie du genre <i>Lychnus</i> . 23 p., 6 pl.....	15
54. J. MONESTIER. Ammonites rares ou peu connues et Ammonites nouvelles du Toarcien supérieur du sud-est de l'Aveyron. 44 p., 4 pl.....	15
55. Maurice COSSMANN. Synopsis illustré des Mollusques de l'Eocène et de l'Oligocène en Aquitaine. 220 p., 15 pl.....	70
56. J. LEWINSKI. Monographie géologique et paléontologique du Bononien de la Pologne. 110 p., 11 pl.....	50
57. F. ROMAN. Monographie de la faune des Mammifères de Mormoiron (Vaucluse), Ludien supérieur. 8 pl., 40 p.....	25
58. L. et J. MORELLET. Nouvelle contribution à l'étude des Dasycladacées tertiaires. 37 p., 2 pl.....	15
59. A. BORISSIAK. Sur un nouveau représentant des Rhinocéros gigantesques de l'Oligocène d'Asie, <i>Indricotherium asiaticum</i> n. g., n. sp., 16 p., 3 pl.....	5

TABLE DES MATIÈRES (TOME XXIII, FASCICULE 7-8)

	Pages
P. Russo. — Les cailloux sahariens à vermiculations radiées.....	305
G. Cornand. — Observation sous-marine au large de Villaricos (Espagne) (2 fig.).	306
M^{me} E. Reid. — Nouvelles recherches sur les graines du Pont-de-Gail (Cantal) (Traduction P. Marty (12 fig., pl. X et XI).....	308
L. Mengaud. — Découverte d'une Nummulite nouvelle dans le Maestrichtien à Biradiolites du dôme de Cézan-Lavardens (Gers) et étude stratigraphique du gisement.....	356
G. Astre. — Etude paléontologique des Nummulites du Crétacé supérieur de Cézan-Lavardens (Gers) [<i>Nummulites Mengaudi</i> n. sp.] (1 fig., pl. XII).....	360
H. Douvillé. — Les Orbitoïdes et leur évolution en Amérique (4 fig., pl. XIII)...	369
René Abrard. — Note sur les dépôts éocènes des environs de Royan.....	377
Pierre Marty. — Sur un procédé de dessin des feuilles fossiles (1 fig.).....	381
Georges Denizot. — Contribution à l'étude du Quaternaire de France (5 fig.)...	384
V. Van Straelen. — Les Mysidacées du Callovien de la Voulte-sur-Rhône (7 fig., pl. XIV).....	431
A. de Grossouvre. — Sur le Calcaire de Montabuzard (1 fig., pl. XV).....	440
M^{lle} S. Gillet. — Remarques sur le rameau d' <i>Avicula Oxytoma inæquivalvis</i> Sow. L. (4 fig.).....	450

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE
DE FRANCE

CETTE SOCIÉTÉ, FONDÉE LE 17 MARS 1830,
A ÉTÉ AUTORISÉE ET RECONNUE COMME ÉTABLISSEMENT D'UTILITÉ PUBLIQUE
PAR ORDONNANCE DU 3 AVRIL 1832.

QUATRIÈME SÉRIE

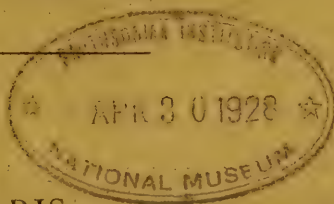
TOME VINGT-TROISIÈME

FASCICULE 9 et dernier :

Réunion extraordinaire de la Société géologique de France
dans le Gard, le Vaucluse et la Drôme.

Feuilles 30-36. — Planches XVI-XXIII.

10 figures dans le texte.



PARIS
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE
28, rue Serpente, VI

COMPTE DE CHÈQUES POSTAUX PARIS, N° 173-72

1924

EXTRAITS DU RÈGLEMENT DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE

Cotisation : 50 fr. par an

Membres à vie : 1000 fr. — Membres perpétuels : 2000 fr.

ART. 2. — L'objet de la Société est de concourir à l'avancement de la Géologie en général et particulièrement de faire connaître le sol de la France, tant en lui-même que dans ses rapports avec les Arts industriels et l'Agriculture.

ART. 3. — Le nombre des membres de la Société est illimité. Les Français et les Étrangers peuvent également en faire partie. Il n'existe aucune distinction entre les membres.

ART. 4. — Pour faire partie de la Société, il faut s'être fait présenter dans une de ses séances par deux membres qui auront signé la présentation¹ et avoir été proclamé dans la séance suivante par le Président.

ART. 42. — Pour assister aux séances, les personnes étrangères à la Société doivent être présentées chaque fois par un de ses membres.

ART. 46. — Aucune communication ou discussion ne peut avoir lieu sur des objets étrangers à la Géologie ou aux sciences qui s'y rattachent.

ART. 48. — Chaque année, de juillet à novembre, la Société tiendra une ou plusieurs séances extraordinaires sur un point qui aura été préalablement déterminé.

ART. 53. — Un Bulletin périodique des travaux de la Société est délivré gratuitement à chaque membre.

ART. 54. — La Société publie en outre des *Mémoires*, qui ne sont pas distribués gratuitement aux membres.

ART. 55. — Tous les travaux destinés à l'impression doivent être inédits et avoir été présentés à une séance.

ART. 75. — Les auteurs peuvent faire faire à leurs frais, en passant par l'intermédiaire du Secrétariat, un tirage à part des communications insérées au Bulletin.

ART. 94. — Les ouvrages, conservés dans la Bibliothèque de la Société, peuvent être empruntés par les membres... (*Service des prêts*).

1. Les personnes désirant faire partie de la Société et ne connaissant aucun membre pour les présenter peuvent adresser une demande au Secrétariat, en exposant les titres qui justifient de leur admission.

MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

NOUVELLE SÉRIE

- | | |
|--|--------|
| 1. L. MORET. Contribution à l'étude des Spongiaires siliceux du Miocène de l'Algérie, 4 pl., 32 p..... | 20 fr. |
| 2. H. DOUVILLÉ. Revision des Lépidocyclines, 2 pl., 49 p..... | 20 » |

RÉUNION EXTRAORDINAIRE

DE SEPTEMBRE 1923

GARD, VAUCLUSE ET DROME

RÉUNION EXTRAORDINAIRE
DE LA
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE
DANS
le Gard, le Vaucluse et la Drôme

du 10 au 18 septembre 1923.

(COMPTE RENDU DÉTAILLÉ)¹.

1. Le compte rendu *résumé* a été publié dans les *Comptes rendus sommaires* de la Société, n° 13, pp. 153-171.

BIBLIOGRAPHIE

- BAULIG (II.). La deuxième édition de la feuille n° 209 (Alais) de la Carte géologique détaillée de la France à 1/80000, 1923.
- BERTRAND (Morcel). Sur le Bassin houiller du Plateau Central. *B. S. G. F.*, (3), XVI, p. 517, 1888. Observations de MM. MUNIER-CHALMAS et GAUDRY, p. 528.
- Note sur l'allure probable des différents faisceaux de couches à la Grand'Combe (autographiée), 1898.
- Bassin houiller du Gard. *Annales des Mines*, XVII, p. 305, 1900.
- BERTRAND (Paul). Succession normale des flores houillères dans le Bassin houiller du Gard. *CR. Ac. Sc.*, t. 170, p. 331, 1920.
- DE BRUN et VEDEL. Étude géologique et paléontologique des environs de Saint-Ambroix. Première partie : Houiller, Trias, Infraalias. *Bull. Soc. d'Étude des Sc. Nat. de Nîmes*, 1909-1911-1912-1913-1917.
- CALLON. Mémoire sur la géologie et l'exploitation des mines de houille de la Grand'Combe (Gard). *Annales des Mines*, XIV, p. 339, 1848.
- CAREZ. Note sur l'Urgonien et le Néocomien de la vallée du Rhône. *B. S. G. F.*, (3), XI, p. 351, 1882-1883.
- CHATELET. Sur l'Aquitaniien d'Aramon (Gard). *B. S. G. F.*, (4), I, p. 329, 1902. Observations de M. PELLAT, p. 330.
- DEPÉRET. Note sur les fossiles miocènes du Conglomérat de Pierre-Longue, près Avignon. *B. S. G. F.*, (3), XXIV, p. 516, 1896.
- DOUVILLÉ (H.). Le Barrémien supérieur de Brouzet. *M. S. G. F.*, n° 52, 1918.
- DUMAS (E.). Sur la constitution géologique de la Région supérieure ou cévennique du département du Gard. *B. S. G. F.*, (2), III, p. 556 bis, 1846.
- Statistique géologique, minéralogique, métallurgique et paléontologique du département du Gard (Publication posthume, Paris, 1876).
- DUMAS et DE ROYS. Procès-verbal de la Réunion extraordinaire de la Société géologique à Alais. *B. S. G. F.*, (2), III, p. 559 bis, 1846.
- ÉVESQUE. Note sur l'Infraalias de la commune de Saint-Jean-de-Valériscle. *CR. Soc. Sav.* en 1903.
- FABRE. Extension du terrain houiller sous les morts terrains dans le Bassin d'Alais. *CR. Ac. Sc.*, CXLVIII, p. 737, 1909.
- FONTANNES. Le groupe d'Aix dans le Dauphiné, la Provence et le Bas-Languedoc, 1885.
- FOURNET. Lettre sur le terrain houiller d'Alais. *B. S. G. F.*, (2), VI, p. 458, 1849.
- GRAND'EURY. Géologie et Paléontologie du Bassin houiller du Gard. Saint-Étienne, 1890.
- GUIRAUD. Note préliminaire sur le Jurassique moyen et supérieur entre Alais et Saint-Ambroix. *Feuille des Jeunes Naturalistes*, 5^e série, XLII, p. 127-131, 1912.
- Sur quelques horizons paléontologiques nouveaux aux environs d'Alais. *C. R. Congrès des Soc. Sav.* en 1913.
- HIÉBERT. Sur la limite inférieure du Lias et sur la composition du Trias dans

- le département du Gard et de l'Hérault. Observations de M. GRÜNER. *B. S. G. F.*, (2), XVI, p. 905, 1859.
- HÉBERT. Examen de quelques points de la Géologie de la France méridionale : I. Contact du terrain jurassique et du terrain crétacé dans les Cévennes. *B. S. G. F.*, (2), XXVII, p. 107, 1869.
- HEIM (Arnold). La prétendue nappe de recouvrement du Bassin d'Alais (Gard) et l'origine des Brèches urgoniennes dites mylonitiques. *Eclog. geologicae Helvetiae*, XVII, p. 531, 1923.
- Die Entstehung des Asphaltes im Departement du Gard. *Eclogæ geolog. Helvetiae*, XVII, n° 5, 1923.
- D'HOMBRES FIRMAS. Sur des corps pierreux cylindriques du Lias d'Alais et d'Anduze. Observations de MM. BRONGNIART et DE ROISSY. *B. S. G. F.*, (1), X, p. 63, 1839.
- Sur une empreinte de feuille de *Chaemoerops* découverte dans les environs d'Alais. *B. S. G. F.*, (1), XIII, p. 410, 1842.
- JEANJEAN. Le Corallien des Cévennes. *B. S. G. F.*, (3), X, p. 97, 1881.
- Étude sur les terrains jurassiques des Basses-Cévennes. *Mém. Ac. de Nîmes*, 7^e série, t. III et V, 1881-1883.
- JOLEAUD. Géologie du Comtat, terrains néogènes. I, 1905-1907. II, 1912, Montpellier.
- L'Aquitainien dans le Vaucluse, le Gard et les Bouches-du-Rhône. *B. S. G. F.*, (4), VIII, p. 41, 1908.
- KILIAN. Sur la nappe de Suzette. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 112, 1922.
- LAMBERT. Note sur quelques Échinides du Barrémien du Gard communiqués par MM. SAYN et ROMAN. *B. S. G. F.*, (4), IV, p. 841, 1904.
- Observations à l'occasion de l'étude de quelques Échinides de l'Ardèche et du Gard communiqués par M. DE BRUN. *Ann. Soc. Linnéenne de Lyon*, LVI, 1909.
- Note sur quelques Échinides de l'Infralias du Gard et en particulier de Gammal. *Bull. Soc. d'Étude des Sc. Nat. de Nîmes*, p. 115, 1914-1917.
- Note sur quelques Échinides du Crétacé inférieur de la Provence. *In Notes provençales*, n° 11, 1920.
- LAURENT. Flore des Calcaires de Célas. Thèse, Marseille, 1899.
- LÉENHARDT. Étude géologique de la région du Mont Ventoux, 1883, Montpellier.
- MARION. *Doliosirobus Sternbergi*, nouveau genre de Conifère fossile tertiaire. *Ann. Sc. Géol.*, XX, 1899.
- MARSAUT. Contribution à l'étude du Bassin houiller du Gard. *Bull. Soc. de l'Industrie minière*, 1914.
- MARTIN (D.). Origine mécanique des *Cancellophycus*. *B. S. G. F.*, (4), IV, p. 47, 1904.
- NICOU (P.). Les calcaires asphaltiques du Gard. *Annales des Mines*, 10^e série, t. X, p. 513, 1906.
- PAQUIER. Recherches géologiques dans le Diois et les Baronnies. Grenoble, 1900.
- PARRAN. Sur deux sondages exécutés dans le Département du Gard. Observations de M. HÉBERT. *B. S. G. F.*, (2), XVII, p. 115, 1859.
- Observations sur les dolomies jurassiques des Cévennes. *B. S. G. F.*, (2), VI, p. 564-565, 1877-78.
- Coupe des terrains tertiaires lacustres entre Rousson et Mons. *B. S. G. F.*, (3), XII, p. 131, 1883-84. Observations de M. GAUDRY, p. 137.

- PARRAN. Étude des terrains traversés par la ligne de Nîmes à Givors. *Rev. des Sc. Nat. de Montpellier*, 1884.
- Sur un Sondage à la Grand'Combe, entrepris par M. GRAFFIN. *B. S. G. F.*, (3), XIII, p. 146, 1884-85.
 - Notice sur un gisement d'asphalte aux environs d'Alais. *Annales des Mines*, 5^e série, t. IV, p. 334, 1853.
 - Note sur la formation lacustre aux environs d'Alais. *Annales des Mines*, 10^e série, t. VIII, p. 328, 1853.
- PELLAT. Notes préliminaires diverses sur la Géologie du Sud du Bassin du Rhône. *B. S. G. F.*, (3), XXIII, p. 426, 1895.
- Études stratigraphiques et paléontologiques sur les terrains tertiaires de quelques localités de Vaucluse, du Gard et des Bouches-du-Rhône. *B. S. G. F.*, (3), XXIV, p. 501, 1896; XXV, p. 111, 1897.
 - Aquitaniens d'Aramon (Gard). *B. S. G. F.*, (3), XXVIII, p. 1000, 1900.
 - Le Néocomien (Valanginien et Hauterivien) et le Barrémien entre Mons et Brouzet (Gard). *B. S. G. F.*, (4), III, p. 119, 1903.
 - Note sur le *Toxaster amplus* Desor, d'après des observations de M. LAMBERT. *B. S. G. F.*, (4), III, p. 127, 1903.
- PELLAT et COSSMANN. Barrémien supérieur à faciès urgonien de Brouzet-les-Alais. *M. S. G. F.*, n° 37, XV, 1907. Continué par DE BRUN, CHATELLET et COSSMANN. *M. S. G. F.*, n° 51, 1916.
- ROMAN. Monographie de la faune lacustre de l'Éocène moyen. *Ann. Univ. Lyon*, nouv. série, 1899.
- Contribution à l'étude du Bassin lacustre de l'Éocène et de l'Oligocène du Languedoc. *B. S. G. F.*, (4), III, p. 546, 1903.
 - La Géologie des environs de Nîmes. *Bull. Soc. Ét. Sc. Nat. de Nîmes*, XXIII, p. 36, 1906.
 - Excursion de la Société géologique aux environs d'Alais et de Nîmes, et Monographie de la faune lacustre du Sannoisien du Gard. *B. S. G. F.*, (4), X, p. 899-927, 1910.
 - Monographie des Rhinocéridés de l'Oligocène. *Arch. Muséum d'Hist. Nat. de Lyon*, t. XI, 1911.
 - Histoire géologique du département du Gard. Extrait de l'ouvrage *Nîmes et le Gard*, 1912.
 - Observations sur quelques fossiles du Toarcien et de l'Aalénien des environs de Saint-Ambroix, recueillis par M. VEDEL. *Bull. Soc. d'Étude des Sc. Nat. de Nîmes*, p. 121, 1914-1917.
- ROMAN et DE BRUN. Note sur le Jurassique inférieur et moyen des environs de Saint-Ambroix. *Ann. Soc. Linnéenne de Lyon*, LVI, 1909.
- ROUVILLE (P. de). Sur un tableau des terrains du Gard, dressé par E. DUMAS. *B. S. G. F.*, (2), XXIX, p. 113, 1872.
- ROYS (DE). Sur l'âge des grès inférieurs au Lias des Cévennes. *B. S. G. F.*, (2), III, p. 44, 1845.
- SARRAN. Sur l'assimilation des couches de Portes à celles de Champclauson (Bassin houiller du Gard). *Bull. Soc. Industrie minière*, XIV, p. 113-139, 1868.
- SARRAN D'ALLARD (L. DE). Excursion géologique d'Anduze à Miales. *Bull. Soc. d'Étude des Sc. Nat. de Nîmes*, VII, n° 10, 1879.
- Note sur une course géologique aux environs d'Alais. *B. S. G. F.*, (3) VIII, p. 335, 1880.
 - Recherches sur les dépôts fluvio-lacustres antérieurs et postérieurs aux assises marines de la Craie supérieure. *B. S. G. F.*, (3), XII, p. 53, 1884.

- SARRAN D'ALLARD (L. DE). Sur la zone à *Ammonites macrocephalus* dans les Cévennes. *B. S. G. F.*, (3), XIII, p. 866, 1885.
- Géologie de la ligne ferrée d'Alais au Rhône. *B. S. G. F.*, (3), XVIII, p. 207, 1889-90.
 - Résumé d'une communication orale sur la constitution géologique de la région comprise entre la haute vallée de l'Auzonnet et celle de la rivière d'Avène (Gard). *CR. du Congrès des Soc. Sav. en 1912.*
- SAUVAGE. Sur une Asthérine des terrains tertiaires du Gard. *B. S. G. F.*, (3), XI, p. 491, 1883.
- SAYN et ROMAN. Sur le Néocomien de la rive droite du Rhône. *CR. S. de la S. G. F.*, n° 15, p. 126, 1900.
- L'Hauterivien et le Barrémien de la rive droite du Rhône et du Bas-Languedoc. *B. S. G. F.*, (4), IV, p. 607, 1904.
- TERMIER. Note sur trois roches éruptives interstratifiées dans le terrain houiller du Gard. *B. S. G. F.*, (3), XVI, p. 617, 1887-88.
- Phénomènes de charriage d'âge alpin dans la vallée du Rhône près d'Avignon. *CR. Ac. des Sc.*, t. 168, p. 1291, 1919.
 - Encore quelques mots sur la Nappe de Suzette. *CR. S. de la S. G. F.*, p. 166, 1922.
- TERMIER et JOLEAUD. Sur l'âge des phénomènes de charriage dans la région d'Avignon. *CR. Ac. des Sc.*, t. 172, p. 24, 1921.
- Sur l'âge des phénomènes de charriage dans les montagnes de Gigondas (Vaucluse). *CR. Ac. des Sc.*, t. 172, p. 191, 1921.
 - Le lambeau de recouvrement de Propiac (Drôme), témoin d'une vaste nappe, d'origine alpine, poussée avant le Miocène sur la vallée du Rhône. *CR. Ac. des Sc.*, t. 172, p. 409, 1921.
 - Nouvelles observations sur la « Nappe de Suzette », nappe de recouvrement formée de terrains triasiques, issue des Alpes et ayant couvert, à l'époque aquitanienne, une partie de la région du Rhône. *CR. Ac. des Sc.*, t. 173, p. 1033, 1921.
 - Résumé de nos connaissances sur la Nappe de la Suzette (âge précis, constitution, extension) ; la question de son origine. *CR. Ac. des Sc.*, t. 173, p. 1308, 1921.
 - La Nappe de Suzette. *CR. Som. Soc. géol. de France*, p. 12, 1922.
- TERMIER et FRIEDEL. Les débris de plaine ou klippes de la plaine d'Alais, lambeaux de calcaire urgonien mylonitique posés sur l'Oligocène. *CR. Ac. des Sc.*, t. 168, p. 1034, 1919.
- Sur la structure du Bassin houiller du Gard. *CR. Ac. des Sc.*, t. 169, p. 752, 1919.
 - Que les plissements et les charriages qui ont accidenté le Bassin houiller du Gard sont très probablement des mouvements alpins, d'âge miocène. *CR. Ac. des Sc.*, t. 169, p. 1371, 1919.
- TERMIER et THIÉRY. Livret-guide sommaire des Excursions de la Réunion extraordinaire de la Société géologique de France en septembre 1923.
- THIÉRY. Nouvelles observations sur le système d'accidents géologiques appelé « Faille des Cévennes ». *CR. Ac. des Sc.*, t. 168, p. 902, 1919.
- Sur les écailles ou nappes de charriage de la région d'Alais. *CR. Ac. des Sc.*, t. 169, p. 143, 1919.
 - Quelques observations sur les débris de nappe (klippes) de la plaine d'Alais. *CR. Ac. des Sc.*, t. 169, p. 583, 1919.
- TORCAPEL. L'Urgonien du Languedoc. *Rev. des Sc. Nat.*, septembre 1882.

- TORCAPEL. Note sur l'Urgonien de Lussan (Gard). *B. S. G. F.*, (3), XII, p. 204, 1883. Observations de M. CAREZ, p. 208.
- Quelques fossiles nouveaux de l'Urgonien du Languedoc. *Bull. Soc. d'Ét. des Sc. Nat. de Nîmes*, XI, nos 9 et 11, 1884.
- Sur l'Urgonien de la Montagnette. *B. S. G. F.*, (3), XXIII, p. 155, 1895.
- VEDEL. Observations sur le synchronisme des divisions stratigraphiques établies pour le Bassin houiller de la Cèze. *Bull. Soc. d'Ét. des Sc. Nat. de Nîmes*, XXXVII, 1909.
- Note sur le rôle de la faille des Cévennes dans la région de Saint-Ambroix. *Bull. Soc. d'Ét. des Sc. Nat. de Nîmes*, 1912-1913.
- VEDEL et DE BRUN. Coupe de Pierremorte à la faille des Cévennes par Meyrannes. *Bull. Soc. d'Ét. des Sc. Nat. de Nîmes*, XXXVI, 1908.
- ZEILLER. Note sur la flore et sur le niveau relatif des couches houillères de la Grand'Combe (Gard). *B. S. G. F.*, (3), XIII, p. 131-149, 1884-85.
- Le Sondage de Ricard à la Grand'Combe. *B. S. G. F.*, (3), XIV p. 32-37, 1885-86.
- La Géologie et la Paléontologie du Bassin houiller du Gard de M. GRAND'EURY. *B. S. G. F.*, (3), XIX, p. 679-692, 1890-91.

CARTES A CONSULTER.

Carte géologique détaillée de la France à 1/80 000 :

Feuilles n° 209, Alais. 222, Avignon.

— 210, Orange. 211, Le Buis.

SAINT-GERMAIN. L'ERMITAGE. BOIS COMMUN.

PLAINE D'ALAIS.

Excursion du 11 septembre.

PAR G. Corroy.

Partis de la Place de la Gare à 8 heures, les Membres de la Société traversent la ville d'Alais et gagnent la passerelle qui franchit le Gardon. Du haut de cette passerelle, M. Thiéry montre à deux kilomètres vers le Nord-Ouest une écaille d'Infrà-Crétacé, plongeant vers le Sud, qui repose à Rochebelle sur l'Argovien. Nous prenons le sentier de l'Abattoir ; une surface de charriage met en contact les conglomérats du Chattien à éléments éocrétacés avec les calcaires marneux (Zone à *R. anceps*) du Callovien.

Gravissant ensuite le Chemin de la Fontaine des Trois Gouttes, nous nous dirigeons vers le Mas Agniel. Successivement après le Callovien, nous rencontrons le Bathonien : tous deux sont fortement redressés et laminés, puis le Bajocien, sous forme de dolomie sableuse. Les calcaires à *Cancellophycus* de l'Aalénien ne s'observent pas sur le chemin ; ils sont visibles seulement dans les propriétés environnantes. En montant toujours vers le Sud, sur les flancs de la colline, à la suite des calcaires à *Cancellophycus*, le Toarcién est représenté par les schistes à *Leptolepis Bronni*. Le Charmouthien est masqué par les murs des propriétés ; mais à un carrefour de chemins, ce Charmouthien déchiré laisse apparaître, dans une fenêtre, les marnes irisées du Trias sous-jacent. Il y a donc suppression du Sinémurien et de l'Hettangien.

Descendant la colline par le chemin de Chaudebois, nous coupons en sens inverse cette même série sédimentaire, tandis que vers le Nord, un large panorama orienté sensiblement Est-Ouest s'offre à nos yeux. On embrasse ainsi le Rupélien et le Chattien, dans lesquels le Gardon d'Alais a creusé son lit, la butte chattienne supportant la Promenade de la Maréchale et le Château, l'écaille jurassique de l'Ermitage, le Houiller de Saint-Germain et de Bois Commun, les micaschistes des Cévennes.

Prenant la route de Saint-Jean-du-Pin, nous traversons un lambeau de Kiméridgien dépendant d'une écaille qui constitue

le Roc Duret. Ce rocher très abrupt, dont les couches sont verticales, repose anormalement sur le Rauracien qui compose en majeure partie la Montagne de l'Ermitage. Une chapelle est construite sur les calcaires sublithographiques du Séquanien qui couronnent cette montagne.

Nous passons près de l'emplacement du sondage de Chaudebois. Exécuté de 1863 à 1865 sur les indications d'Emilien Dumas, ce sondage a traversé 65 mètres de Callovien et de Bathonien, 133 mètres de Trias. Arrêté dans le Houiller à 220 mètres de profondeur, il a coupé deux couches de houille d'une puissance totale de 1 m. 27. C'est à la suite de cette découverte qu'a été accordée la Concession de Saint-Germain-Alais.

Nous marchons sur le Bathonien jusque près de la Maison

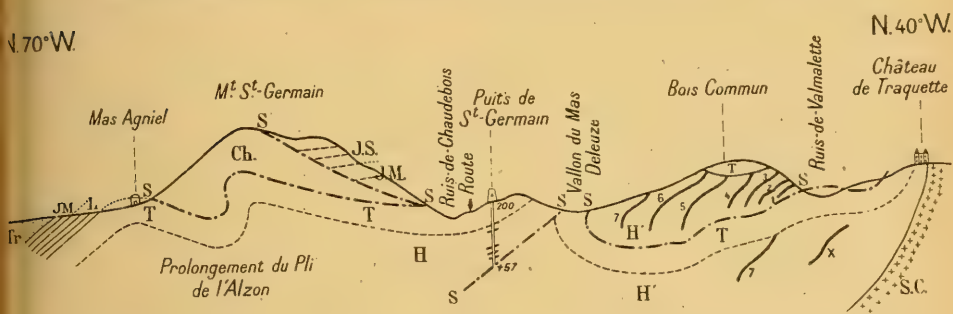


FIG. 1. — COUPE DU MAS AGNIEL AU CHATEAU DE TRAQUETTE (d'après M. Thiéry).
Tr. Tertiaire. — J. S. Jurassique supérieur. — J. M. Jurassique moyen.
— L. Toarcien. — Ch. Charmouthien. — T. Trias. — H. Houiller de Saint-Germain. — H¹. Houiller de Rochebelle. — 1, 2, 3, X... Couches de Rochebelle. — S. C. Schistes cristallins. — S. S. Surfaces de charriage. — 1/10000.

Teyssonnière sur laquelle une plaque de marbre commémore le souvenir de Pasteur : c'est dans cette demeure en effet que la célèbre biologiste étudia la pébrine des vers à soie. En ce point, le Bathonien repose anormalement sur le Trias. Un peu plus à l'Ouest, la route entame ce Trias presque vertical, et, non loin de là, nous voyons son contact avec le Houiller de Saint-Germain. Montant au terril du puits d'extraction, nous recueillons des échantillons de la flore de ce Houiller ; guidés par M. Bertrand, nous reconnaissons principalement *Pecopteris lamurensis* et *Mironeura flexuosa* : c'est l'équivalent de la série de Gagnières, caractérisée par l'association de ces deux plantes fossiles. Nous trouvons en outre : *Lepidodendron rimosum*, *Sphenophyllum emarginatum*. L'écaille du Houiller de Saint-Germain forme une lentille recouverte par le Houiller de Rochebelle, ainsi que l'a

démontré le sondage de l'Alzon, fait récemment à 2 kilomètres au sud de Saint-Germain.

Vers le Nord, le Houiller de Saint-Germain très redressé est séparé du Houiller de Bois Commun par une bande de Trias sur laquelle nous marchons dans le ravin du Mas Deleuze. Le Houiller de Bois Commun plonge légèrement vers le Nord et il est recouvert d'une faible épaisseur de Trias. Ici, le Stéphien ne renferme plus *Mixoneura flexuosa* : c'est la zone où abonde *Pecopteris lamurensis*, zone de Rochebelle (série de Molières) plus jeune que celle à laquelle appartient le Houiller de Saint-Germain. Tout le long du ruisseau du Sauvage, le Houiller de Bois Commun repose sur le Trias qui surmonte le Houiller de

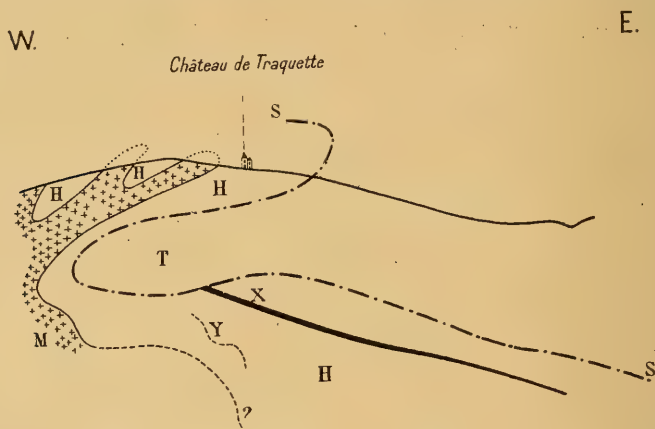


FIG. 2. — COUPE OUEST-EST PASSANT PAR LE CHATEAU DE TRAQUETTE (d'après MM. Termier et Friedel).

T. Trias. — H. Houiller. — X, Y. Couches du faisceau de Rochebelle. — M. Micaschistes. — S. Surface de charriage. — 1/10000.

Rochebelle ; et au ruisseau de Valmalette, dans une déchirure du Houiller formant fenêtre, apparaît le Trias. Si l'on poursuit le chemin qui conduit au Château de Traquette, on constate l'existence de plusieurs lambeaux de Houiller, pincés dans les micaschistes.

Tous ces faits, notamment la pénétration du Trias sous le Houiller et sous les micaschistes, démontrée encore par les travaux de mines, indiquent l'harmonie des mouvements ayant affecté le terrain houiller et les terrains secondaires. Ainsi que l'a dit M. Termier : « Le Trias du vallon de Sauvage est un synclinal couché jusqu'à l'horizontale, recouvert par un anticlinal complexe avec des plis multiples de Cristallin et de Houiller. »

Après le déjeuner, nous quittons Alais par la route d'Uzès

et nous rencontrons d'abord les conglomérats du Chattien, puis les marnes bariolées du Rupélien avec poudingues à éléments polygéniques. A 3 kilomètres environ de la ville d'Alais, on se heurte à la plus grande des klippes ou débris de nappe éocrétaée sur la plaine tertiaire. Cette vaste klippe, nommée klippe de la Bédasse, mesure près de 3 kilomètres 700 de longueur sur 1 kilomètre 800 de largeur ; elle est coupée par deux grandes voies de communication : la route d'Uzès au Sud, la ligne de chemin de fer de l'Ardoise au Nord ; ce qui permet d'étudier parfaitement sa constitution.

En longeant les rives de l'Avène, nous marchons à travers des taillis sur l'Hauterivien mylonitique à *Toxaster amplus* et *Exogyra Couloni* ; et nous gagnons la tranchée du chemin de fer de l'Ardoise qui nous donne une coupe très démonstrative.



FIG. 3. — KLIPPE DE LA BÉDASSE (d'après M. Thiéry).

U. Urgonien mylonitique. — II. Hauterivien, le plus souvent à l'état de mylonite.
— R. Rupélien. — S. Surface de charriage et mince zone de mélange. — 1/10000.

En allant de l'Ouest à l'Est, on voit d'abord l'Urgonien mylonitique, de couleur claire, chaos de blocs de toute forme et grosseur, enrobés dans un sable calcaire résultant de l'écrasement de la même roche urgonienne : il constitue un véritable rempart le long de la rive droite de l'Avène. Séparé de la mylonite urgonienne par une surface assez nette, plongeant d'une dizaine de degrés vers l'Ouest, l'Hauterivien mylonitique, de couleur grise, lui fait suite. Puis une zone de mélange très peu épaisse, avec blocs d'Urgonien et d'Hauterivien, reliés par des argiles et sables identiques à ceux du substratum ; enfin, s'enfonçant sous la zone de mélange qui le ravine, le Rupélien inaltéré, plongeant faiblement vers l'Ouest, est constitué par des lits de sable jaune, d'argile rougeâtre et de bancs de conglomérats à petits galets polygéniques.

On voit, éparées dans la plaine, d'autres klippes : ce sont de petites buttes surmontées généralement par un bosquet de pins. Leur ensemble forme les restes de la nappe d'Infra-Crétacé qui a été charriée sur le Tertiaire.

ROCHEBELLE. FONTANES. NORD D'ALAIS.
 SAINT-MARTIN DE VALGALGUES.

Excursion du 12 septembre

PAR G. Corroy.

Les Membres de la Société se sont réunis à 7 heures, place de la Gare à Alais, pour se rendre à Rochebelle. Au sortir de la ville, ils purent observer le Roc Duret, écaillé de Jurassique supérieur vue la veille, adossée au mont de l'Ermitage.

Après la traversée d'un long faubourg, les Congressistes, sous la conduite de M. Polge, Directeur de la Société des Houillères de Rochebelle, examinent, aux abords du puits Sainte-Marie, le contact du Houiller et des grès triasiques. Puis ils font une ample provision de plantes du Stéphanien inférieur de Rochebelle, déterminées par M. Bertrand et gracieusement offertes par la Société des Houillères. Nous voyons notamment de superbes échantillons de *Pecopteris lamurensis*, *Sphenopteris erosa*, *Sphenophyllum majus* et un très grand nombre de Sigillaires cannelées.

Nous suivons la voie ferrée de la Mine de Rochebelle à Tamaris pour étudier l'accident appelé « Faille des Cévennes ». C'est la plus connue des failles plates ou surfaces de charriage qui découpent les morts-terrains du Gard. Cette faille fait reposer ici l'Infra-Crétacé sur le Houiller, montrant çà et là des zones charbonneuses broyées. Il est curieux — et c'est sur ce point que M. Termier attire l'attention des géologues — de constater au voisinage de la surface de glissement un parallélisme parfait entre les strates houillères et celles de l'Infra-Crétacé.

Cette faille des Cévennes, dont nous suivrons ultérieurement l'affleurement, n'est que l'une des nombreuses surfaces de charriage analogues de la région. Souvent elles confluent et se raccordent tangentiellement; d'où formation de lentilles plus ou moins vastes et épaisses, plus ou moins renflées; c'est ce que nous observerons maintes fois au cours des excursions suivantes.

Franchissant la vallée du Gardon sur le double pont de Tamaris nous arrivons à la grande carrière de Fontanes où nous examinons l'allure tourmentée des couches de houille, allure due aux poussées subies par le Houiller.

Nous retrouvons les plantes fossiles vues à Rochebelle : c'est la flore du Stéphanien inférieur.

Nous dirigeant un peu vers le Nord-Ouest de la carrière, nous constatons le contact anormal : Trias — Hettangien supérieur dolomitique ; le Trias est extrêmement réduit et l'Hettangien inférieur (Zone à *Psiloceras planorbis*) fait défaut.

Le retour à Alais s'effectue par la plaine d'alluvions du Gardon, alluvions constituées surtout par des galets de schistes cristallins.

Sous un chaud soleil, les excursionnistes se rendent après le déjeuner à Saint-Martin de Valgagues. A l'intersection des

W.N.W.

E.S.E.

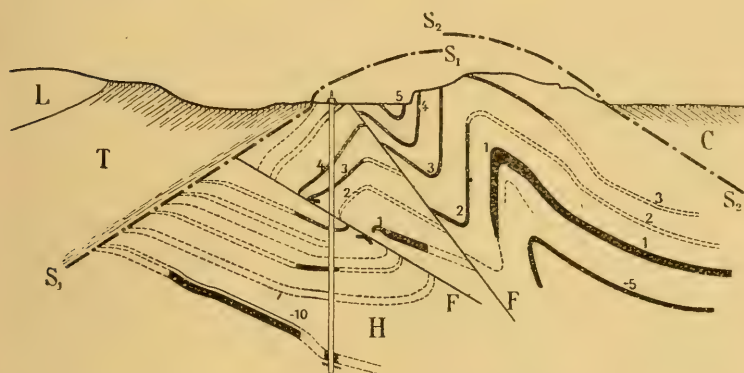


FIG. 4. — LES PLISSEMENTS DU HOULLER A FONTANES.

Coupe fournie par la C^{ie} de Rochebelle et interprétée par MM. TERMIER et FRIEDEL. C. Crétacé inférieur. — L. Lias. — T. Trias. — H. Houiller. — F. Failles inverses. — S¹ S² Surfaces de charriage. — 1, 2; ... Couches du faisceau de Fontanes; — 5, couche dite du 246; — 10, couche dite de 10 m. — 1/10000.

routes de Saint-Ambroix et de Portes, la tranchée est de la route montre le contact anormal des conglomérats du Chattien reposant sur les calcaires marneux du Valanginien. Ces derniers font partie d'une écaille infra-crétacée qui s'avance plus ou moins sur une série jurassique et la refoule vers l'Ouest, comme nous nous en rendrons compte dans quelques instants. A l'Ouest du puits d'extraction de la Mine du Nord d'Alais, le Jurassique supérieur (Kiméridgien) repose sur le Houiller. Nous sommes là au passage de la faille des Cévennes vue le matin même à Rochebelle ; elle se dirige en ligne sinueuse vers le Nord-Est (Les Mages, Saint-Ambroix).

Des hauteurs de la colline houillère du Nord d'Alais, on jouit d'une vue superbe vers l'Est et l'on domine toute l'écaille d'Infra-crétacé, jusqu'à la crête urgonienne de Rousson. Avant de quitter la houillère, M. Termier rappelle les dégagements instantanés de gaz carbonique de cette mine, principalement l'intense dégagement de 1906 avec le nuage noir de gaz carbonique et de charbon en poussière vomé par le puits, coulant comme de l'eau dans la campagne et causant mort d'hommes.

Nous traversons ensuite le village de Saint-Martin et le hameau de Rouvègne. Aux dernières maisons de ce hameau, on marche sur les marnes du Charmouthien ; au-dessus d'elles, formant colline vers l'Est, les calcaires à entroques du Bajocien, puis les calcaires marneux du Bathonien ; le Toarcien et l'Aalénien font défaut. Viennent ensuite les calcaires marneux noirs à fossiles pyriteux du Callovien. Plusieurs fossiles sont recueillis, notamment *Reineckeia anceps* et *Perisphinctes Moorei*. Sur cet horizon une masse épaisse d'Oolithique moyen (Rauracien, Séquanien) repose anormalement, véritable « rabot » venu de l'Est qui a « riflé » les assises sous-jacentes et fait disparaître l'Argovien et une partie du Rauracien. Cet exemple de charriage avec disparition de couches est surtout manifeste à 1500 mètres environ au Nord du col de Rouvègne.

Une carrière, voisine de la bifurcation de la vieille route de Saint-Julien avec la nouvelle, montre la superposition anormale : calcaires sublithographiques séquaniens sur calcaires à entroques bajociens, ces derniers surmontant les marnes grises du Toarcien.

d'étudier la région d'Alais : Houiller et morts-terrains ; la troisième nous fit aborder la région de la Cèze et de l'Auzonnet.

Partis d'Alais en chemin de fer, nous arrivons à la station de Molières où nous sommes reçus par M. Lombard, Directeur de la Compagnie houillère de Bessèges. Au bureau de la Compagnie, M. Termier expose l'allure générale du gisement.

La région de la Cèze et de l'Auzonnet est séparée de la région de la Grand'Combe (que nous étudierons le lendemain) par le massif des schistes cristallins du Rouvergue. Elle comprend les Mines de Bessèges, de Lalle, de Sallefermouze, de Gagnières, de Saint-Jean-de-Valériscle et de Tréllys. Sur les micaschistes, repose un faisceau autochtone : les couches du Feljas, et les couches maigres de Gagnières. Ce faisceau a la flore du Stéphaniien moyen.

Sur ce Houiller autochtone, viennent deux paquets charriés,

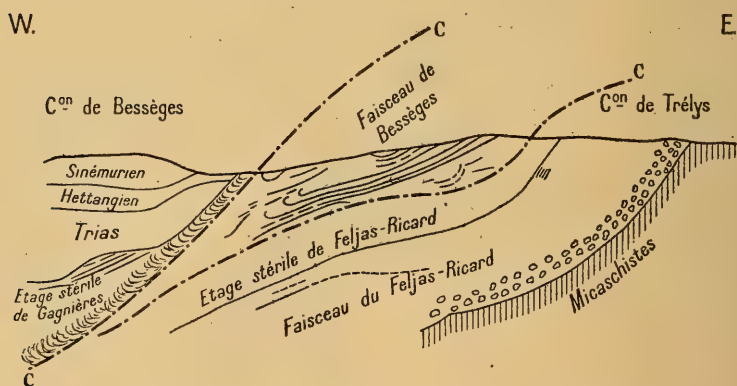


FIG. 6. — COUPE DE LA LENTILLE OU ÉCAILLE DE BESSÈGES.

Coupe extraite de l'Atlas de Marsaut, interprétée par MM. TERMIER et FRIEDEL. Pour orienter la coupe, intervertir les lettres w et e-c c, surfaces de charriage. — Échelle, 1/50000.

séparés l'un de l'autre par une surface de charriage. Le premier très effilé, de forme lenticulaire, est le faisceau de Bessèges. Le second, beaucoup plus épais, dont on ne connaît pas les limites, comprend : l'étage stérile de Gagnières, les couches grasses de Gagnières, le faisceau anthraciteux de Molières, le faisceau de Saint-Jean-de-Valériscle. Le paquet de Bessèges est séparé du Feljas par une épaisse zone de mylonites ; de même l'écaille Gagnières-Molières-Saint-Jean est séparée de Bessèges par une épaisse zone de terrains écrasés et brouillés. Ces deux paquets ont la flore du Stéphaniien inférieur ; tout le Houiller charrié est donc d'âge antérieur au Houiller autochtone.

Après M. Termier, M. P. Raspal, Ingénieur divisionnaire, expose les conditions d'exploitation du gîte de Molières. Les Congressistes consultent les plans et coupes de la Compagnie, examinent la flore de la série de Molières, analogue à celle de Rochebelle et admirent de magnifiques échantillons d'*Estheria cebennensis* (pattes et tube digestif en parfait état de conservation). Une coupe du sondage du Sanguinet avec échantillons est également mise sous nos yeux.

M. Paul Bertrand a eu l'amabilité de nous communiquer — et nous l'en remercions beaucoup — un exposé de son étude sur ce sondage. Entrepris en 1921, il a eu pour objet l'exploration de la région vierge comprise entre les deux gisements de Molières et de Gagnières. Foré dans l'Hettangien, entré dans le Houiller à 361 m. de profondeur, il était arrêté à 1700 m., après avoir traversé le faisceau anthraciteux de Molières (369 m.), puis l'étage stérile de Gagnières (970 m.). Ce stérile est composé essentiellement :

- de psammites ;
- de grès compacts (de plus en plus compacts vers le bas) ;
- de schistes fissiles, parfois très fins, mais stériles ;

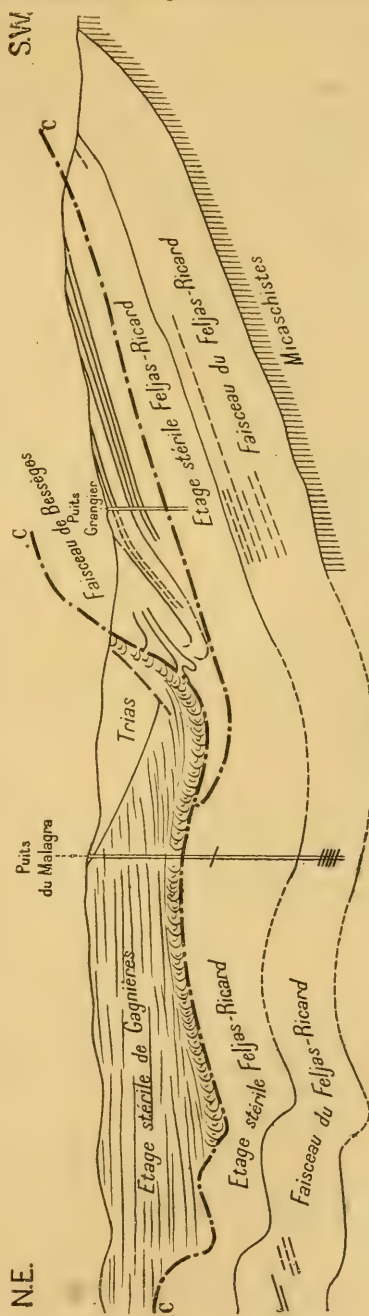


FIG. 7. — AUTRE COUPE DE L'ÉGALLE DE BESSIÈRES. Extrait de l'Atlas de Marsaut, interprétée par MM. Termier et Friedel. CC, surfaces de charriage. — Echelle : 1/50 000.

de schistes plus ou moins charbonneux à débris végétaux hachés et flottés ;

de schistes fins, sapropéliques, parsemés d'*Esthéries*.

Les *schistes fissiles* et les *schistes à Esthéries* constituent la majeure partie de l'étage. En outre, il est curieux de constater que le sondage du Sanguinet a traversé, de 495 à 1132 m., la zone à *Mixoneura ovata* qui représente l'étage des FLAMBANTS SUPÉRIEURS DE SARREBRÜCK ; d'autre part, de 1132 à 1700 m., la flore, assez pauvre cependant, a accusé le même âge que les FLAMBANTS INFÉRIEURS DE SARREBRÜCK. C'est donc la partie supérieure du Wetsphalien que ce sondage a coupée.

Des bureaux de la Compagnie, nous nous dirigeons vers le Nord de la gare de Molières. M. Thiéry fait remarquer la belle coupe du Trias : les grès bigarrés d'une faible épaisseur surmontés des calcaires magnésiens du Muschelkalk ; puis, les marnes irisées qui atteignent une épaisseur de plus de deux cents mètres.

Nous arrivons ensuite au gisement de Rhétien et d'Hettangien de Gammal, si bien étudié et décrit par MM. de Brun et Vedel. La coupe du gisement est la suivante ¹ :

1° à la base : le Rhétien, bien représenté par des lumachelles (zone à *Avicula contorta*) avec alternances de marnes reposant sur le Trias ;

2° l'Hettangien inférieur (zone à *Psiloceras planorbis*) composé de marnes et calcaires très délitables et très riches en fossiles ;

3° l'Hettangien supérieur dolomitique, avec de rares fossiles indéterminables.

La zone à *Avicula contorta*, à part l'*Avicula* elle-même enchâssée dans les lumachelles, fournit très peu d'échantillons. Il n'en est pas de même de l'Hettangien inférieur où nous faisons une abondante moisson. La faune est la suivante :

HETTANGIEN.

Céphalopodes.

<i>Psiloceras circacostatum</i> (Aegoceras)	<i>Psiloceras Rahana</i> WOEHNER.
WOEHNER.	<i>Schlotheimia ventricosa</i> (Aegoceras)
— <i>Johnstoni</i> SOWERBY.	WOEHNER.
— <i>planorbis</i> SOWERBY.	

Gastéropodes.

<i>Alaria aff. dubia?</i> (Pterocera) TER-	<i>Promathildia</i> (Teretrina) <i>aff. Hum-</i>
QUEM.	<i>berti</i> (Turritella) MARTIN.

1. Coupe du gisement et liste paléontologique sont extraites du beau travail de MM. de Brun et Vedel.

- Pseudomelania* sp.
 — *Cloughthonia* ROEMER.
 — (*Microschiza*) *clathrata* (*Littorina*) DES-HAYES.
Bourguetia *Deshayesea* TERQUEM (*Turritella*).
Caelostylina sp.
Tretopira angulata? (*Ampullaria* DES-HAYES).
Phasianella ? aff. *cerithiformis* PIETTE.
Chartronia aff. *digonata* COSSMANN.
Turbo? sp.
Eucyclus sp.
Calliostoma aff. *sinistrorsum* DES-HAYES.
Calliostoma ? aff. *Deshayesi* TERQUEM (*Trochus*).
Pleurotomaria (*Cryptoenia*) *rotellaeformis* DUNKER.
- Pleurotomaria* (*Cryptoenia*) *cæpa* DESLONG-CHAMPS.
 — aff. *planula* TERQUEM et PIETTE.
 — aff. *Metzertensis* TERQUEM et PIETTE.
Promathildia (*Teretrina*) aff. *semele* (*Cerithium*) D'ORBIGNY.
Tretospira carinata (*Ampullaria*) TERQUEM.
Solarium ?
Ptychomphalus aff. *Jamoignacus* TERQUEM et PIETTE.
Pleurotomaria aff. *basilica* CHAPUIS et DEVALQUE.
 — aff. *cognata* CHAPUIS et DEVALQUE.
 — aff. *anglica* (*Trochus*) SOWERBY.
 — aff. *trocheata* TERQUEM.

Pélécy-podes.

- Liostrea Hisingeri* (*Ostrea*) NILSSON
 — *Gammalensis* DE BRUN et VEDEL.
Liostrea anomala (*Ostrea*) TERQUEM.
 — *Chillyensis*? (*Ostrea*) TERQUEM et PIETTE.
 — *irregularis* (*Ostrea*) MUNS-TER.
Liogryphæa Dumortieri JOLY.
 — *primordialis* DE BRUN et VEDEL.
Alectryonia aff. *Rhodani* (*Ostrea*) DUMORTIER.
 — *Tinierei* (*Ostrea*) RENEVIER.
Exogyra ? sp.
Dimyopsis Emmerichi VON BISTRAM.
Harpax spinosus (*Plicatula*) SOWERBY.
Plicatula Hettangiensis TERQUEM.
 — *Oceani*? D'ORBIGNY.
Lima Vendænensis COSSMANN.
 — (*Limatula*) *pectinoides* (*Plagiostoma*) SOWERBY.
 — — *Eryx*? D'ORBIGNY.
Plagiostoma Valoniense (*Lima*) DEFRANCE.
- Plagiostoma compressum* (*Lima*) TERQUEM.
 — aff. *Fischeri* (*Lima*) TERQUEM.
Ctenostreon tuberculatum (*Lima*) TERQUEM.
Chlamys Thiolliei (*Pecten*) MARTIN.
 — *dispar* (*Pecten*) TERQUEM.
 — *Valoniensis* (*Pecten*) DEFRANCE.
 — *Cossmanni* DE BRUN et VEDEL.
 — (*Syncyclonema*) *Hehli* (*Pecten*) D'ORBIGNY.
 — (*Liropecten*), *Pollux* (*Pecten*) D'ORBIGNY.
 — DUMORTIER (*Pecten*).
Gervillea crumenilla (*Pinna*) DUMORTIER.
Perna infraliasica? QUENSTEDT.
Pinna semistriata TERQUEM.
 — *fissa* GOLDFUSS.
Modiola lusitanica BOEHM.
 — *Stoppanii* (*Mytilus*) DUMORTIER.
 — *Dalmasi* (*Mytilus*) DUMORTIER.

- Modiola Simoni* (*Mytilus*) TERQUEM.
 — *nitidula* (*Mytilus*) DUNKER.
 — *producta* (*Mytilus*) TERQUEM.
 — *Hoffmanni* NILSON.
 — *rustica* (*Mytilus*) TERQUEM.
 — *liasina* (*Mytilus*) TERQUEM.
 — *hillana* SOWERBY.
 — *Mingaudi* DE BRUN et VEDEL.
 — *Romani* DE BRUN et VEDEL.
 — *Jolyi* DE BRUN et VEDEL.
Arca (*Beuschausenina*) sp. ?
Parallelodon elongatum (*Cucullæa*) SOWERBY.
Cardinia similis AGASSIZ.
 — *aff. Desoudini* TERQUEM.
 — *acuminata* MARTIN.
 — *trapezium* ? MARTIN.
 — *sp. in* DUMORTIER.
Astarte Repelini DE BRUN et VEDEL.
 — *consobrina* CHAPUIS et DEWALQUE.
 — *Heberti* ? TERQUEM et PIETTE.
 — *Chartoni* COSSMANN.
Opis sp.
Cardium (*Nemocardium*) *Choffati* BOEHM.
Isocardia sp. in DUMORTIER.
Isocyprina *aff. Seebachi* BOEHM.
Isocyprina *aff. percrassa* BOEHM.
 — *porrecta* (*Cypricardia*) DUMORTIER.
Plesiocyprina ? *caryota* (*Cypricardia*) DUMORTIER.
 — *Breoni* (*Cypricardia*) MARTIN.
Trapezium ? sp.
Lucina ? *circularis* ? STOPPANI.
 — ? *arenacea* TERQUEM.
Corbula ? *Terquemi* DUMORTIER.
Ceromya sp.
- Arcomya* sp.
Goniomya Gammalensis DUMORTIER.
Pleuromya striatula AGASSIZ.
 — *Galathea* AGASSIZ.
 — sp.
Pholadomya glabra AGASSIZ.
 — *Woodwardi* OPEL.
 — *avellana* DUMORTIER.
Flicatula Deslongchampsii TERQUEM et PIETTE.
Terquemia multicostata ? (*Ostrea*) MUNSTER.
Lima (*Limatula*) *Hettangiensis* TERQUEM.
 — — *dupla* (*Plagiostoma*) QUENSTEDT.
Plagiostoma æquilaterale (*Lima*) TERQUEM et PIETTE.
Chlamys Euthymei (*Pecten*) DUMORTIER.
 — *aff. Falgeri* (*Pecten*) MÉRIAN.
Amussium (*Pseudoamussium*) *securis* (*Pecten*) DUMORTIER.
Entolium Jamoignense TERQUEM et PIETTE.
Modiola Gammalensis DE BRUN et VEDEL.
Parallelodon Hettangiense (*Cucullæa*) TERQUEM.
Cardinia *aff. Collenoti* MARTIN.
 — *Eveni* TERQUEM.
Tancredina ovata (*Hettangia*) TERQUEM.
Saxicava ? *Breoni* MARTIN.
Lyonsia ? *socialis* DUMORTIER.
Pleuromya *aff. Alduini* (*Donacites*) BRONGNIART.
Pholadomya *aff. foliacea* AGASSIZ.

Brachiopodes.

- Rhynchonella plicatissima* QUENSTEDT.
Zeilleria perforata PIETTE.
Terebratula sp.

Annélides.

- Serpula quinquesulcata* MUNSTER.
 — *trigona* CAPELLINI.
Galeolaria solitaria TERQUEM et PIETTE.

Crinoïdes.

- Isocrinus angulatus* (*Pentacrinus*) OPEL.

Échinides.

<i>Miocidaris Lorioli</i> LAMBERT et THIÉRY.	<i>Diademopsis microtuberculata</i> COTTEAU.
<i>Diademopsis micropora</i> (Diadema) AGASSIZ.	— <i>Ucelensis</i> LAMBERT.
— <i>æquituberculata</i> LAMBERT.	<i>Palæopedina minima</i> (Diadema) AGASSIZ.
— <i>Jauberti</i> COTTEAU.	
— <i>serialis</i> (Diadema) AGASSIZ.	

Cœlentérés.

<i>Montlivaultia sinemuriensis</i> D'ORBIGNY.	<i>Thecosmilia Martini</i> DE FROMENTEL in MARTIN.
— <i>Haimeï</i> CHAPUIS et DEWALQUE.	— <i>major</i> DE FERRY in DUMORTIER.
— <i>Dewalquei</i> ? DE FROMENTEL.	<i>Astrocœnia sinemuriensis</i> DE FROMENTEL.
— ? <i>sp.</i> in DUMORTIER.	

Végétaux.

Fucoides strictus BRONGNIART.

RHÉTIEN.

Poissons.

Acrodus minimus AGASSIZ.

Semionotus sp.

Sargodon tomicus PLIENINGER.

Lepidotus sp.

Saurichtys acuminatus AGASSIZ.

Gastéropodes.

Pseudomelania ? sp.

Pleurotomia sp.

Pélecypodes.

Cardinia ?

Liostrea aff. *irregularis* MUNSTER in GOLDFUSS.

Tæniodon præcursor SCHLOENBACH.

Anomia pellucida TERQUEM.

Anatina præcursor QUENSTEDT.

Alectronya Haidingeriana (Ostrea) EMMERICH.

Nucula sp. in DUMORTIER.

Chlamys Valoniensis DEFRANCE.

Modiola aff. *minuta* GOLDFUSS.

Modiola Hoffmanni NILSON.

Avicula contorta PORTOCK.

Isocyprina elongata (Axinus) MOORE.

Chlamys sp.

Lima sp.

Dimyopsis Emmerichi VON BISTRAM.

Crinoïdes.

Isocrinus psilonoti ? QUENSTEDT.

Ophioderma Gaveyi WRIGHT.

Échinides

Miocidaris sp.

Végétaux.

Fucoides circinatus ? BRONGNIART.

Tiges indéterminables.

Equisetum Pellati ? DE SAPORTA.

Après une longue halte à ce gisement si intéressant, nous suivons la voie ferrée qui nous conduit à Saint-Ambroix. Nous coupons le flanc sud de l'anticlinal de Molières et nous observons une masse énorme de Trias surmontée par les ruines du château de Montalet. C'est ensuite l'Hettangien (Zone à *Psiloceras planorbis* et dolomie); le Sinémurien, à l'état de calcaires compacts, durs, gris clair à l'extérieur, bleu foncé à la cassure; enfin, les nombreux lacets de la voie ferrée nous montrent les plissements des calcaires charmouthiens qui sont redressés parfois jusque près de la verticale.

Saint-Ambroix apparaît, coquette cité pittoresque, bâtie en partie sur la faille des Cévennes. Au centre de la ville en effet, nous voyons le Charmouthien, dans lequel le ruisseau de Graveirolle a creusé son lit minuscule, surmonté par une butte énorme : le Rocher Dugas. Il est constitué par l'Hauterivien et le Barrémien à l'état de mylonites. Un sentier tortueux nous mène sur la plateforme du roc qui supporte la vieille tour de l'horloge et la chapelle de Notre-Dame de Dugas. On jouit, de ce belvédère

S.S.E.

N.N.W.

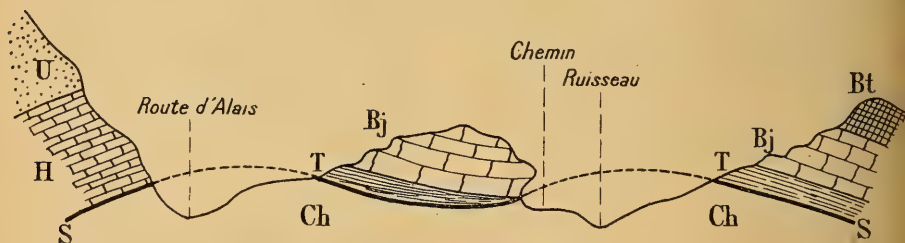


FIG. 8. — COUPE DES ESPRADEAUX, PRÈS SAINT-AMBROIX, D'APRÈS M. THIÉRY.
U, Urgonien; H, Hauterivien; Bt, Bathonien; Bj, Bajocien; T, Toarcien;
Ch, Charmouthien; SS, Surface de charriage. — 1/10 000.

naturel, d'une vue splendide sur les environs; à l'Est notamment, le Chattien entamé par la Cèze se dresse sur une hauteur de près de 50 m. Nous descendons à Saint-Ambroix pour déjeuner rapidement et consacrer notre après-midi à l'étude des surfaces de charriage de la région Sud de la ville.

Quittant Saint-Ambroix par la route d'Alais, et prenant le chemin qui conduit au Petit Barnassac, le premier accident se présente à nous : c'est la « Faille de la Nougardè ». Les calcaires à entroques du Bajocien surplombent les marnes charmouthiennes à *Tisoo siphonalis*, très attaquées par l'érosion. Cette surface de charriage, remarquée la veille à Saint-Martin-de-Valgalgues,

passé par Saint-Jean-de-Valérisclé, la Nougardé, et atteint Saint-Ambroix où elle rejoint la faille des Cévennes. Ce deuxième accident est des plus visibles sur la route même d'Alais, au lieu dit « Les Espradeaux ». La tranchée de la route montre, à l'Est, les calcaires hauteriviens à *Toxaster amplus* et *Exogyra Couloni*, couronnés par le Barrémien, reposant sur les marnes charmouthiennes à *Tisoa siphonalis* et *Platypleuroceras spinatum*. A l'Ouest, de l'autre côté de la route, ces marnes sont recouvertes par l'Aalénien (calcaires à *Cancellophycus scoparius*) auquel succède le Bajocien (calcaires à entroques avec *Stephenoceras Blagdeni*). C'est une des plus belles coupes que l'on puisse souhaiter.

Revenant à Saint-Ambroix, les congressistes remarquent, à l'est de la Gare, la masse imposante de Barrémien mylonitique dominée par la Tour Gisquet, à laquelle fait suite le rocher Dugas. De là, ils vont examiner une fois encore les conglomérats du Chattien au SE de la ville. On ne voit pas en cet endroit une coupe montrant la superposition du Chattien sur le Barrémien mylonitique; jusqu'ici, le sondage de Véberon seul, campé à 2 km. 800 de Saint-Ambroix, a recoupé une zone de mélange mécanique entre le Chattien et l'Hauterivien.

LA GRAND'COMBE.

Excursion du 14 septembre

PAR G. Corroy.

Après leur arrivée à la station de Malbosc, les Membres de la Société se dirigent vers la Grand'Combe en suivant la voie ferrée. Ils traversent la dolomie hettangienne, les marnes peu épaisses de la zone à *Psiloceras planorbis* ; puis ils pénètrent dans le Trias, dans lequel le puits de Malbosc fut foncé en 1865. Abandonnés en 1868, les travaux furent repris en 1883 ; sous une épaisseur de 250 m. de Trias, on atteignit le Houiller ; 13 couches de houille d'une puissance totale de 14 m. 37 furent reconnues.

Le Trias, affecté en ce point de deux failles importantes, forme le flanc sud d'un anticlinal très prononcé ; l'anticlinal du Mazel. Abandonnant la voie ferrée pour descendre sur les bords du Gardon, nous sommes en présence d'un gisement fossilifère fort curieux ; c'est une simple dalle calcaire mise à nu par l'érosion et servant de plate-forme aux pêcheurs. Cette dalle de Muschelkalk est pétrie de fossiles, mais ceux-ci sont très difficiles à extraire. Nous reconnaissons cependant : *Myophoria Goldfussi*, *Encrinus liliiformis*, etc.

Regagnant la voie ferrée, nous traversons le flanc nord de l'anticlinal du Mazel. Le Puits des Oules, ouvert non loin de là, a rencontré le Houiller à 15 mètres de profondeur. Ensuite, un tunnel du chemin de fer entame l'Hettangien inférieur, très fossilifère à l'entrée comme à la sortie du tunnel. Nous y trouvons une faune identique à celle de Gammal. Parmi les pièces intéressantes recueillies, il y a lieu de signaler un échantillon de *Diademopsis serialis*, garni de nombreux piquants et pourvu de son appareil masticatoire.

De là, la Société traverse le Gardon, pour voir sur la rive droite les failles affectant le Trias ; puis elle gagne la Grand'Combe où le déjeuner est offert gracieusement par la Compagnie des Mines.

L'excursion de l'après-midi a pour but l'étude du Bassin houiller de la Grand'Combe.

Dans ce bassin, un système autochtone, le faisceau dit de la

Grand'Combe, repose sur le massif cristallin des Cévennes. Ce faisceau comprend : à la base, une brèche de base, le faisceau de Ricard, Feljas, Pradel, le stérile de Ricard, les faisceaux Grand'Baume, Champclauson et Salce. Tout ce système a la flore du Stéphanien moyen (*Cordaites lingulatus* associé à *Pecopteris arborescens*) : c'est ce qu'il y a de plus jeune dans tout le bassin. Sur cette région autochtone, repose par charriage le faisceau Sainte-Barbe qui a la flore du Stéphanien inférieur. Ce charriage de terrains plus anciens sur des terrains plus récents a été le point de départ des belles études de Marcel Bertrand sur le Bassin houiller du Gard.

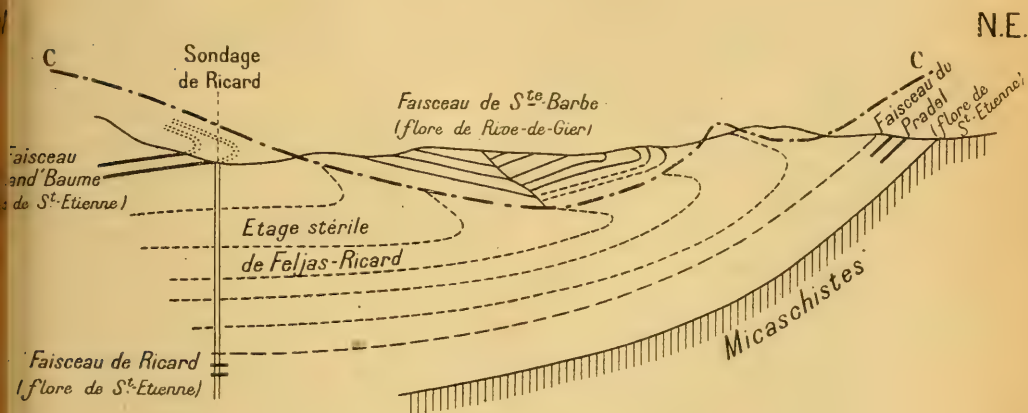


FIG. 9. — COUPE DE RICARD AU PRADEL PAR LE RAVIN SANS NOM.
(d'après MM. TERMIER et FRIEDEL).

CC. Surface de charriage. — Echelle : 1/25 000.

Les congressistes, sous la conduite de M. Fèvre, Administrateur délégué et de M. Bonnevey, Directeur de la Compagnie, ont vu la surface de charriage dite « Accident du Col de Malperthus », à l'entrée du ravin du Ruisseau Sans Nom. Le faisceau Sainte-Barbe (Stéphanien inférieur) est au contact du faisceau Grand'Baume en superposition anormale. La poussée du paquet charrié a amené ainsi des plissements et des rebroussements de couches parfaitement visibles en surface, dans le Houiller autochtone (Stéphanien moyen). La carrière de Ricard, où l'on exploite le charbon à ciel ouvert, est très explicite à cet égard.

BROUZET. LA SERRE DU BOUQUET.
SEYNES. KLIPPE DE LA LIQUIERE.

Excursion du 15 septembre

PAR G. Corroy.

Par le chemin de fer, les excursionnistes se rendent à Brouzet-les-Alais. Le village est construit sur le Barrémien supérieur, non loin des célèbres carrières des Angustines, plusieurs fois décrites. Ce Barrémien, affectant le faciès urgonien, forme une masse uniforme de calcaires crayeux avec bancs plus durs d'oolithe très exploitée.

Nous gravissons les pentes raides de la Serre du Bouquet dans le ravin d'un torrent desséché qui a attaqué profondément l'Urgonien. En cours de chemin, M. Kilian nous fait remarquer l'existence des curieux organismes *Zonatella urgoniana* DEHORNE, dont il a signalé la présence dans l'Urgonien supérieur à Précaprinidés de l'Isère.

Il est près de onze heures quand nous arrivons sur la crête de l'hémicycle, près du « Castellas » en ruine. M. Termier résume alors toutes nos connaissances sur la région. La vue est splendide, un peu voilée cependant par les brumes quant aux lointains. Vers l'Est, nous surplombons, en un abrupt de 300 m. environ, les parties basses représentant l'immense pays des Garrigues, dont le sol infra-crétacé ne laisse pousser que de maigres taillis. Au delà, c'est la vallée du Rhône ; puis le Massif du Ventoux que l'on distingue faiblement à l'horizon. Au SE, la vallée du Gardon se perd dans les oliviers et les mûriers. Au Sud et au SW, la série d'accidents, anticlinaux et synclinaux Est-Ouest (notamment l'anticlinal rompu de Saint-Just) qui semblent prolonger les plis et écailles du Ventoux-Luc-Diois-Baronnies. A l'W et au NW, le pays étudié depuis cinq jours : tout au loin, les micaschistes cévenols boisés de châtaigniers et de pins, dominant les crêtes du Houiller et du Trias ; puis, ce sont les vagues successives de Jurassique et de Crétacé à l'assaut du Massif (hauteurs de Valz, Saint-Germain, Saint-Martin, Rousson) ; enfin la plaine tertiaire s'étendant jusqu'à nous et supportant les klippes incultes, qui ressortent admirablement sur le tapis des mûriers, des oliviers et des figuiers.

Nous descendons maintenant vers le pays des Garrigues. Le Barrémien inférieur sous forme de calcaires marneux jaunâtres succède à l'Urgonien. On ramasse : *Toxaster seynensis*, *Saynella Fabrei* sp., *Holcodiscus Caillaudianus* sp..

A travers les landes, nous arrivons au petit village de Seynes pour déjeuner.

L'après-midi, de nombreux paléontologistes vont au gisement fossilifère à Échinides du Mas de la Valus. M. **Thiéry**, qui a étudié tout particulièrement cette région, y a recueilli :

<i>Cidaris Barroisi</i> COTTEAU.	Seynes (Mas de la Valus).
<i>Cidaris rysacantha</i> A. GRAS.	Navacelles.
<i>Pseudocidaris clunifera</i> AGASSIZ.	(<i>Cidaris</i>) Seynes.
<i>Pseudocidaris prestensis</i> COTTEAU (<i>Hemicidaris</i>).	Allègre entre Arlende et Cal.
<i>Prodiadema pseudo-hemicidaris</i> A. GRAS (<i>Cidaris</i>).	
<i>Pseudodiadema gemmeum</i> DE LORIOU.	Seynes.
<i>Tetragramma autissiodorensis</i> COTTEAU (<i>Diadema</i>).	Navacelles.
<i>Tetragramma Raulini</i> COTTEAU (<i>Diadema</i>).	Seynes.
<i>Hemidiadema Guebhardi</i> LAMBERT.	id.
<i>Hyposalenia punctata</i> DESOR (<i>Peltastes</i>).	Seynes.
<i>Orthopsis Repellini</i> A. GRAS (<i>Diadema</i>).	id.
<i>Psammechinus Theveneti</i> A. GRAS (<i>Echinus</i>).	id.
<i>Codiopsis Lorini</i> COTTEAU.	id.
<i>Goniopygus peltatus</i> AGASSIZ (<i>Salenia</i>).	Allègre.
<i>Goniopygus delphinensis</i> A. GRAS.	Seynes.
<i>Pygaster truncatus</i> AGASSIZ.	Seynes et Allègre.
<i>Holcypus macropygus</i> AGASSIZ (<i>Discoïdes</i>).	id. id.
<i>Pygopyrina incisa</i> AGASSIZ (<i>Nucleopygus</i>).	Allègre.
<i>Pseudopyrina pygæa</i> AGASSIZ (<i>Galerites</i>).	id.
<i>Pseudopyrina cylindrica</i> A. GRAS (<i>Pyrina</i>).	Seynes.
<i>Discoïdes decoratus</i> DESOR.	id.
<i>Pygaulus Desmoulinsi</i> AGASSIZ.	Seynes et Allègre.
<i>Pygaulus numidicus</i> COQUAND.	Seynes.
<i>Pygorhynchus cylindricus</i> DESOR (<i>Pygaulus</i>).	id.
<i>Clitopygus Roberti</i> A. GRAS (<i>Nucleolites</i>).	Seynes et Allègre.
<i>Clitopygus Termieri</i> (nov. sp.)	Seynes.
<i>Clypeopygus subquadratus</i> AGASSIZ (<i>Nucleolites</i>).	id.
<i>Phyllobrissus neocomiensis</i> AGASSIZ (<i>Catopyus</i>).	Seynes et Allègre.
<i>Astrolampas Romani</i> LAMBERT.	Seynes.
<i>Asterobrissus Fourtaui</i> LAMBERT.	id.
<i>Toxaster amplus</i> DESOR.	Seynes et Allègre.
<i>Toxaster gibbus</i> AGASSIZ.	id. id.
<i>Toxaster seynensis</i> LAMBERT.	id. id.
<i>Heteraster oblongus</i> BRONGNIART (<i>Spatangus</i>).	Allègre.
<i>Holaster prestensis</i> DESOR (<i>Cardiaster</i>).	Seynes et Allègre.
<i>Palhemaster Peroni</i> LAMBERT.	Seynes.

Outre cette richesse en Échinides, la faune comprend :

Brachiopodes.

- Zeilleria tamarindus* SOWERBY, sp.
Rhynchonelle lata D'ORBIGNY sp.
Terebratula pseudojurensis LEYMERIE.
Terebratula acuta QUENSTEDT.

Pélecypodes.

- Sphæra corrugata* SOWERBY.
Neithea atava ROEMER sp.
Exogyra Couloni DEFRANCE sp.
Alectryonia diluviana LINNÉ, var. *rectangularis* ROEMER.

Céphalopodes.

- Nautilus plicatus* FITTON (= *N. Requienianus* D'ORBIGNY).
Phylloceras infundibulum D'ORBIGNY sp.
Desmoceras difficile D'ORBIGNY sp.
Desmoceras Raspaili KILIAN (= *D. cassida* D'ORBIGNY sp. non RASPAIL).
Desmoceras Falloti KILIAN (= *D. Charrierianum* KARAKARCH non D'ORBIGNY, *pro parte*).
Astieria elegans VON KARSTEN sp.
Spitidiscus Seunesi KILIAN sp.
Spitidiscus Hugii OOSTER sp.
Spitidiscus Brouzetensis KILIAN (= *Holcodiscus Seunesi* KARAKARCH, non KILIAN).
Spitidiscus rarecostatus KARAKARCH.

Cette faune d'Ammonites¹ est nettement celle du Barrémien inférieur des Basses-Alpes (Comps, Escragnolles, etc.) caractéristique du faciès glauconieux de ces régions. C'est également la faune de Maysse (Ardèche).

Pendant que les paléontologistes font une ample provision de fossiles, les géologues vont étudier la Klippe de la Liquière. Celle-ci, située à l'ouest du hameau de ce nom, longue de 1500 m., est coupée par une profonde tranchée de chemin de fer abandonnée. La mylonite urgonienne repose sur les argiles bariolées du Rupélien; mais elle est séparée de son substratum par une *zone de mélange mécanique*, allant jusqu'à une épaisseur de deux mètres, où des débris de calcaire urgonien, de toute forme et quelques-uns de grande dimension, sont enrobés dans l'argile sableuse rupélienne, de couleur jaunâtre ou rougeâtre. On ne peut douter ici, ni de la réalité d'un écrasement mécanique de l'Urgonien, ni de la superposition de ce terrain au Tertiaire. La démonstration est complétée par la

1. Les déterminations ont été faites par M. W. Kilian que nous remercions très respectueusement de son amabilité.

découverte de *plusieurs débris fortement striés*, dans la *zone de mélange*. Les auteurs de cette découverte sont : MM. Nisse, Raguin et Roget.

Je place ici une question intéressant la feuille « Alais », posée par M. **Jacob** à la séance du 18 septembre à Propiac et qui ne figure pas dans le *C.R.S.* n° 14.

M. **Ch. Jacob** demande à M. Thiéry pour quelles raisons il a souligné d'un contact anormal continu le bord oriental du Causse Méjean vers la limite occidentale de la Feuille d'Alais. Si la série stratigraphique des Causses offre des suppressions locales, celles-ci ont-elles bien la même signification que les failles plates de la région d'Alais ? Le Méjean n'est qu'un fragment d'un vaste ensemble, très homogène, où jusqu'ici ne sont connues que des failles verticales ; dans l'Ouest notamment, vers les Causses de Séverac et de Rodez, on peut étudier de fort beaux « fossés » tectoniques, orientés Est-Ouest et encadrés de failles en gradins. La région des Causses comporte-t-elle une marge orientale qui aurait subi le contre-coup des mouvements d'Alais ? Il paraît, en tout cas, bien difficile de décoller tout l'ensemble des Causses.

M. **Thiéry** répond qu'il n'a pas prolongé ses observations jusqu'à la région de Séverac et qu'il n'a jamais prétendu décoller de leur substratum tout l'ensemble des Causses. Mais il a, pour le bord oriental du Causse Méjean, des observations précises qui prouvent que les déplacements tangentiels du Secondaire d'Alais se sont étendus jusque-là, probablement avec une amplitude graduellement diminuée et finissant un peu plus loin à zéro.

OBSERVATIONS SUR LA NOTE DE M. ARNOLD HEIM.
INTITULÉE

« LA PRÉTENDUE NAPPE DE RECOUVREMENT DU BASSIN
D'ALAIS (GARD) ET L'ORIGINE DES BRÈCHES URGONIENNES
DITES MYLONITIQUES. »

PAR **Georges Friedel.**

La constatation de l'existence de mouvements tangentiels de grande amplitude le long de la bordure Sud-Est du Plateau Central est le principal objet de la réunion de la Société Géologique à Alais. Reconnus depuis longtemps dans le Houiller (Marcel Bertrand), où leur allure a pu être précisée récemment grâce aux travaux paléophytologiques de M. Paul Bertrand, ces mouvements se retrouvent partout dans la bordure secondaire et tertiaire. Ils s'imposent invinciblement à qui dispose du temps nécessaire pour suivre cette longue bande sur la feuille d'Alais et bien au delà, comme la seule interprétation possible des singularités qu'elle présente. Toutefois il est assez peu de points, considérés isolément, où les faits soient de nature à imposer une conviction à ce sujet. A ne voir que quelques détails, comme on y est réduit dans une brève réunion, un esprit prévenu contre l'idée de tels glissements trouvera presque partout, j'imagine, le moyen d'échapper à la conclusion qui nous paraît nécessaire. C'est pourquoi il me semble utile d'insister sur une zone, celle des *clippes*¹ urgoniennes d'Alais, où les faits sont spécialement évidents. S'il est vrai que les masses infra-crétacées éparses dans le Tertiaire de la plaine d'Alais reposent sur ce Tertiaire et ne sont que des débris d'une nappe autrefois continue, tout le reste s'ensuit. On pourra contester des détails ; le style d'ensemble des morts-terrains sera fixé, comme l'est déjà celui du Houiller, et en parfaite harmonie avec ce dernier.

Quelques mots au sujet des *clippes* d'Alais sont d'autant plus nécessaires que M. Arnold Heim vient de nier la superposition de ces lambeaux d'Urgonien au Tertiaire². Cet auteur, qui

1. Je préfère franciser le mot, et écrire *clippes* au lieu de *klippes*.

2. A. Heim. La prétendue nappe de recouvrement du Bassin d'Alais (Gard) et l'origine des brèches urgoniennes dites mylonitiques. *Eclogae geol. Helv.* XVII, n° 5, 1923.

ne paraît avoir vu qu'un très petit nombre de points, croit bien à tort que la superposition n'a été observée par M. Termier et par moi qu'en un seul endroit, dans la tranchée abandonnée qui traverse la clippe de La Liquière. De cet affleurement, dont nous avons donné (*C.R.* 168, p. 1034) une coupe interprétative, il donne une coupe à son tour, interprétative aussi, bien qu'elle ne porte que sur ce qui est visible.

Cette coupe, comme la nôtre, reproduit le fait essentiel ; au milieu même du dessin, M. Heim figure les marnes rouges oligocènes s'enfonçant, sans aucun changement de leur pendage général Nord-Ouest, sous le calcaire urgonien brisé. En revanche, au-dessus de ce point, la coupe montre une sorte de talus qui paraît vouloir figurer une faille ou une falaise urgonienne, le long de laquelle des « conglomérats à galets urgoniens non laminés », qui seraient des sédiments oligocènes, viendraient buter contre « l'Urgonien bréchiforme ». En fait, cette discontinuité n'existe pas. Il n'y a aucune différence essentielle entre ce que M. Heim appelle, à droite de la prétendue faille ou falaise, « conglomérats à galets d'Urgonien » et ce qu'il qualifie à gauche d'« Urgonien bréchiforme ». Le tout n'est, de toute évidence, qu'un produit de broyage, extrêmement différent des véritables conglomérats tertiaires à galets d'Infra-crétacé roulés, comme ceux de Saint-Ambroix. C'est une zone de mélange mécanique où se montrent, selon les points, l'Urgonien ou les marnes oligocènes plus ou moins purs, plus ou moins intimement mêlés. Je pense que l'examen de cette zone sur place ne saurait laisser aucun doute à ce sujet. Mais je n'y insiste pas, car cela est secondaire. L'essentiel est que M. Heim lui-même est obligé de figurer le Tertiaire, avec son pendage régulier, passant sous l'Urgonien.

M. Heim, cependant, se refuse à admettre le fait tel qu'il est. Il s'explique peut-être, dit-il, « par une poche ou une « caverne remplie d'argiles telles qu'on en connaît à maints « endroits dans le calcaire urgonien. En effet, on ne voit actuellement ni une surface de glissement, ni des indices d'écrasement, ni les marnes oligocènes du côté NW dessinées sous « l'Urgonien par MM. Termier et Friedel. » Il est exact qu'à la Liquière le retour des marnes oligocènes sur le bord nord-ouest de la coupe n'est pas visible. Il ne figure sur notre coupe qu'à titre d'interprétation. Par contre, la seule constatation de la superposition de l'Urgonien aux marnes oligocènes suffit pour qu'il existe nécessairement, entre ces deux formations, une surface d'accident ; il n'importe donc pas que M. Heim ait su ou non y voir

des indices d'écrasement, qui en tout état de cause ne sauraient manquer et qui d'ailleurs y sont très évidents.

Je ne sais pourquoi M. Heim a imaginé que la coupe de la Liquière était le seul point où l'on constate des faits semblables. La Société en a vu une autre, du même genre, dans la grande clippe de l'Avène, au point où elle est traversée par la tranchée du chemin de fer de l'Ardoise. Si, au Pont de l'Avène, M. Heim n'a pu voir sous l'Urgonien les marnes tertiaires, mais du Barrémien qui lui a paru « normal et nullement laminé », il n'aurait eu qu'à suivre vers le Sud la même clippe pour trouver, dans la tranchée en question, les marnes oligocènes passant, comme à la Liquière, sous ce Barrémien. Là aussi, il est vrai, la preuve n'est pas absolument complète, car le bord nord-ouest du lambeau d'Infrà-crétacé charrié n'est pas visible et l'on pourrait imaginer à la rigueur un enracinement de l'Infrà-crétacé de ce côté.

Par contre, il est une des clippes, de grandes dimensions, pour laquelle aucune interprétation de ce genre n'est possible : c'est celle de Saint-Privat-des-Vieux. Là, l'Urgonien forme le couronnement à peu près horizontal d'une haute butte tertiaire isolée, dont on peut faire le tour entier sans quitter l'Oligocène. Si M. Heim avait remarqué ce point, fût-ce sur la carte, il n'aurait assurément pas imaginé sa « poche ou caverne remplie d'argiles » et n'aurait pu se soustraire à l'évidence.

Dans ces conditions, on peut passer rapidement sur les autres arguments de notre contradicteur. L'Urgonien, dit-il, est « partiellement brisé », mais ce n'est pas une « mylonite ». Il n'est pas comparable aux « mylonites classiques des Alpes Suisses. ». En fait, l'Urgonien des clippes d'Alais est brisé, souvent réduit en bouillie, très souvent avec « lamination » quoi qu'en dise M. Heim. Peu importe qu'on l'appelle ou non mylonite. L'intéressant est qu'il est broyé, plus ou moins suivant les points, et qu'on le trouve à tous les états depuis celui de calcaire presque intact jusqu'à celui d'une pâte fine, laminée, que partout ailleurs que dans les Alpes Suisses on appellerait mylonite. Aux endroits où le calcaire, quoique cassé, est manifestement continu, M. Heim l'appelle urgonien ; là où il passe à la brèche de friction et à la mylonite, M. Heim en fait une brèche sédimentaire et le confond avec le conglomérat de Saint-Ambroix. On peut en conclure simplement que M. Heim n'a pas vu les nombreux points où les zones broyées s'enchevêtrent avec les zones plus intactes, alternent avec elles, y passent sans limite et s'en montrent parfaitement insépa-

rables, en sorte que l'on ne peut douter qu'il s'agisse de brèches mécaniques. D'ailleurs la preuve péremptoire que ces brèches sont de nature mécanique, mylonitique, c'est que, partout où une coupe permet de voir, ces brèches s'intercalent entre les marnes tertiaires et l'Urgonien superposé. lequel en général ne se montre à peu près intact qu'à une certaine distance, très variable, du contact. Ce n'est pas vers le haut, comme l'exigerait l'idée de M. Heim, mais vers le bas que l'Urgonien passe de plus en plus à la mylonite.

Un autre argument de M. Heim est bien surprenant : remarquant avec raison que l'Urgonien bréchiforme existe aussi à Saint-Ambroix, le long du bord nord-ouest du bassin tertiaire, il ajoute : « où personne n'a jamais songé à y voir des mylonites charriées. » Il est au contraire tout à fait certain que l'Urgonien de Rousson et de Saint-Ambroix est charrié et fait partie d'une des multiples écailles de terrains secondaires qui affleurent entre l'Oligocène et le Houiller. Loin de n'avoir été émise par personne, l'idée a été énoncée par M. Termier, par M. Thiéry qui en a donné de nombreuses preuves, et moi-même. L'Urgonien de Saint-Ambroix, encore qu'il appartienne à une autre écaille, est broyé pour la même raison qu'est broyé celui des clippes d'Alais.

En résumé, je ne vois pas qu'aucun des arguments de M. Heim porte la moindre atteinte au fait évident qu'il nie. La superposition des clippes infra-crétacées d'Alais au Tertiaire est certaine, et c'est à tort que M. Heim revient à l'ancienne confusion, que nous avons cru abolir, entre les brèches de friction qui accompagnent cette superposition anormale et les conglomérats sédimentaires de Saint-Ambroix.

Il reste à dire quelques mots de Saint-Ambroix, où M. Heim croit trouver une confirmation de ses idées sur les clippes. Là, Fabre a inclus dans le Tertiaire (m_1 , teinte jaune de la carte) le rocher de la Vierge et celui de la Tour Gisquet qui sont de l'Urgonien bréchiforme, mylonitique. Par suite d'une erreur de lecture de la carte, M. Heim confond cette bande d'Urgonien avec le Valanginien que Fabre a placé, comme il convient, au-dessous et à l'ouest de l'Urgonien en question. Sur ce point, Fabre, qui n'envisageait certainement pas la notion d'une brèche mylonitique, a poussé l'idée de M. Heim plus loin que M. Heim lui-même, et compté pour brèche sédimentaire tertiaire ce qui est incontestablement un affleurement urgonien continu, tout semblable à celui de Rousson dont il est la suite.

Il est bien caractéristique que M. Heim n'ose pas aller

jusque là, et doive reconnaître dans les rochers de Saint-Ambroix de l'Urgonien « plus ou moins bréchiforme ».

Fabre n'a donc pas, comme le croit M. Heim, placé la « faille des Cévennes » entre l'Urgonien et le conglomérat de Saint-Ambroix, mais a figuré deux accidents voisins, l'un entre l'Urgonien des roches de Saint-Ambroix, interprété par lui comme conglomérat tertiaire, et le Valanginien sur lequel il repose ; l'autre entre ce Valanginien et son substratum liasique ou bajocien. C'est ce faisceau d'accidents, composé d'une série de surfaces de charriage, que l'on appelle, dans l'ensemble, faille des Cévennes. En montrant, ou croyant montrer, qu'il n'y a pas d'accident de ce genre entre l'Urgonien et les conglomérats de Saint-Ambroix, M. Heim est donc loin d'être en droit de conclure, comme il le fait péremptoirement, que la faille des Cévennes n'existe pas à Saint-Ambroix. Bien moins encore est-il fondé à dire que « le nom célèbre de faille des Cévennes ne devrait pas être conservé », ce qui impliquerait qu'elle n'existe nulle part. La vérité est que M. Heim, simplement, ne l'a cherchée qu'en un point où Fabre n'a jamais prétendu qu'elle fût.

Je crois volontiers, avec M. Heim, qu'il n'y a pas d'accident de charriage entre l'Urgonien de Saint-Ambroix et les conglomérats tertiaires. Les affleurements se prêtent d'ailleurs mal, sur ce point, à l'étude du contact. Ce que l'on y voit, c'est une large zone d'Urgonien bréchiforme, reposant par accident sur le Valanginien, et, au-dessus de lui, sans que le contact se trouve visible, un conglomérat extrêmement différent, certainement sédimentaire, à gros galets calcaires roulés, classés, stratifiés, alternant avec des bancs argileux bien lités, et dans lequel, à peu près par moitié, les galets sont formés de calcaire urgonien et de calcaires valanginiens ou d'autres niveaux de l'Infra-crétacé. Ce dernier caractère des conglomérats de Saint-Ambroix, à lui seul, suffirait pour permettre de les distinguer de l'Urgonien mylonitique.

A Rousson, où la coupe est la même qu'à Saint-Ambroix, ou mieux encore aux Mages, où une tranchée de chemin de fer permet d'observer le contact et où le conglomérat de Saint-Ambroix repose sur les marnes hauteriviennes, on ne constate aucun accident entre l'Infra-crétacé et le conglomérat qui repose sur lui. Il est bien probable qu'il en est de même à Saint-Ambroix.

Mais en quoi cette constatation est-elle contraire à l'existence des clippes charriées d'Alais ? En quoi autoriserait-elle à con-

clure, comme le fait M. Heim, que si la bordure secondaire des Cévennes est composée d'un système d'écailles charriées, ces chevauchements seraient antérieurs à l'Oligocène ? C'est ce qu'il m'est impossible de comprendre.

Non moins inacceptable est la conception que M. Heim se fait des relations du conglomérat avec l'Urgonien. Selon lui, il n'y aurait point de limite, mais transition graduelle entre l'Urgonien bréchiforme et le sédiment tertiaire. La limite entre les deux formations ne serait pas simplement difficile à préciser (ce qui peut être vrai localement à Saint-Ambroix, nullement ailleurs), mais « impossible à tracer ». Et il n'hésite pas à parler de « continuité *latérale* d'un sédiment infra-crétacique à un sédiment tertiaire ».

Jusqu'à présent, on qualifiait de *latérale* la continuité ou la discontinuité qui peut exister entre deux sédiments du même âge. S'il y avait continuité entre l'Urgonien et l'Oligocène, elle ne serait assurément pas latérale. Mais, latérale ou non, que peut signifier cette expression : Continuité entre un sédiment urgonien et les poudingues tertiaires formés de ses débris ? Il ne peut s'agir, évidemment, d'une continuité de sédimentation. Je crois comprendre que M. Heim voit l'Urgonien, à ses affleurements de l'époque oligocène, cassé on ne sait pourquoi, puis soumis à des actions atmosphériques qui en ont déplacé les fragments. Et il imagine que ce déplacement, de plus en plus accentué près de la surface, s'atténue en profondeur de telle façon que l'on ne peut bien préciser ce qui est Urgonien resté en place et ce qui est fragments d'Urgonien mis en mouvement à l'époque tertiaire, c'est-à-dire formation tertiaire.

D'un tel passage continu il faudrait pouvoir, au moins, montrer des exemples ailleurs. M. Heim n'en cite aucun. Il ne trouve à comparer le phénomène qu'il imagine qu'à la formation des conglomérats superficiels d'Algérie. Mais il oublie que ces conglomérats sont toujours parfaitement distincts de leur substratum de roches en place et que l'on n'éprouve aucune difficulté à en placer la limite lorsqu'elle est mise à nu. En fait, il en est exactement de même pour le conglomérat de Saint-Ambroix, comme pour tout poudingue formé aux dépens d'une roche ancienne sur laquelle il repose. Mais, ici aussi, M. Heim a cherché cette limite là où elle n'est pas, c'est-à-dire entre l'Urgonien relativement intact et ses parties mylonitiques, alors qu'elle est entre l'Urgonien mylonitique et le conglomérat à cailloux roulés. Il y a une continuité, une limite impossible à tracer, c'est celle qui existe entre l'Urgonien compact et ses

parties mylonitiques. Mais il n'existe aucune continuité entre l'Urgonien et le sédiment tertiaire. Les considérations auxquelles se livre M. Heim à ce sujet ne répondent à aucune réalité.

En résumé, contrairement aux conclusions de M. Heim :

1° Les mylonites urgoniennes se distinguent très nettement des conglomérats oligocènes. C'est faire un pas en arrière que de revenir à l'ancienne confusion de Fabre entre ces deux formations. L'erreur était plus qu'excusable au temps de Fabre, qui n'avait pas pu envisager l'hypothèse des charriages. Elle ne l'est plus aujourd'hui.

2° La superposition, par charriage, de l'Infra-crétacé à l'Oligocène dans les clippes d'Alais est incontestable.

3° Il n'est pas exact que les brèches urgoniennes forment des manteaux autour des buttes urgoniennes. Elles sont l'Urgonien lui-même, mylonitique, superposé à l'Oligocène dans les clippes d'Alais, supportant l'Oligocène à Saint-Ambroix. Elles ne passent pas latéralement à des conglomérats oligocènes, mais viennent parfois en contact avec ces conglomérats qui en sont parfaitement distincts.

4° La faille des Cévennes, ou plus exactement le faisceau de surfaces de charriage que l'on comprend sous ce nom, existe aussi bien à Saint-Ambroix que tout le long de la bordure ouest du bassin tertiaire. Mais elle n'est pas où M. Heim l'a cherchée.

Aucune des conclusions de M. Heim ne me paraît donc devoir être retenue.

LE BASSIN HOUILLER DU GARD. PROBLÈMES RÉSOLUS.

PROBLÈMES A RÉSOUDRE

PAR **Pierre Termier.**

Le moment semble venu de refaire la monographie détaillée du Bassin houiller du Gard, en utilisant la récente étude des flores, si complète et si précise, que nous devons à M. Paul Bertrand, les conclusions générales sur la structure auxquelles nous sommes arrivés, mon ami Friedel et moi, et les nouveaux documents, très nombreux, qu'ont apportés déjà et qu'apportent chaque année les travaux de mines et les sondages. Mais c'est là une œuvre de longue haleine. Elle requiert un auteur qui soit à la fois ingénieur et géologue et à qui ne manquent pas les loisirs. Je ne connais personne encore qui convoite cette belle tâche. Elle est pourtant bien séduisante. Je crois qu'avec l'aide des Compagnies houillères et du Service des Topographies souterraines, elle ne serait ni très longue, ni très difficile ; et, de cette aide, on ne peut pas douter.

En attendant, il me paraît intéressant de rappeler ici, en peu de mots, les résultats acquis depuis la publication des trois ouvrages les plus importants, celui de Grand'Eury (1890), celui de Marcel Bertrand (1900), celui de Marsaut (1914) ; et d'indiquer ensuite les problèmes, non encore résolus, qui sont, à mes yeux, les premiers à résoudre.

PROBLÈMES RÉSOLUS. — Nous avons maintenant, pour le Houiller du Gard, une stratigraphie très détaillée, très minutieuse, qui permet de classer les divers faisceaux de couches de houille suivant un ordre chronologique et de savoir, à peu près exactement, sur chaque point de chaque verticale, à quel niveau du Stéphannien l'on a affaire. L'établissement de cette stratigraphie a été grandement facilité par l'abondance des fossiles végétaux et même des fossiles animaux, et par ce fait que, dans plusieurs des Compagnies houillères, une attention toute particulière est donnée aux documents géologiques fournis par les travaux souterrains.

En matière tectonique, les résultats sont les suivants.

Le Houiller est affecté d'accidents très analogues à ceux des morts-terrains qui le recouvrent : lui aussi est découpé, par des

failles plates, ou peu inclinées, parfois onduleuses, en des écailles superposées, de consistance et d'âge différents ; et ces écailles ont, comme celles des morts-terrains, des formes de lentilles.

• A la Grand'Combe, le faisceau qui comprend les couches du sondage de Ricard à la base, la couche Grand'Baume au milieu, la couche Champclauson au sommet, est autochtone ; ce faisceau autochtone a la flore de Saint-Étienne. Sur lui repose un paquet charrié, à flore de Rive-de-Gier, qui est le faisceau Sainte-Barbe. La surface de charriage, base de cette écaille Sainte-Barbe, est presque horizontale ; elle affleure à l'est de la montagne Sainte-Barbe, près du Pradel. Les couches du Pradel représentent les affleurements du faisceau de Ricard et sont autochtones. L'écaille Sainte-Barbe ne va pas loin vers le Sud ; elle ne s'étend même pas jusqu'au puits des Oules, où tous les terrains traversés ont la flore de Saint-Étienne.

Dans la région de l'Auzonnet et de la Cèze, la structure se complique. Il n'y a d'autochtone que la brèche de base et les couches du Feljas, de l'Arcas, de la montagne de Tréllys, enfin les couches maigres de Gagnières ; toutes ces couches sont de l'âge des couches de Ricard et du Pradel et ont la flore de Saint-Étienne. Tous les faisceaux qui sont au-dessus et qui, tous, ont la flore de Rive-de-Gier, sont charriés, et il y a deux grandes écailles distinctes, séparées l'une de l'autre par une surface de charriage.

L'écaille inférieure est le faisceau de Bessèges. L'écaille supérieure, beaucoup plus vaste et plus épaisse, comprend, de bas en haut, l'étage stérile dit de Gagnières, le faisceau gras de Gagnières et le faisceau anthraciteux de Molières (qui sont contemporains), le faisceau gras de Molières, le faisceau de Saint-Jean-de-Valériscle. Bessèges repose sur le système autochtone du Feljas ; l'écaille Gagnières-Molières-Saint-Jean repose sur Bessèges. L'écaille de Bessèges finit, dans la profondeur, en bord de lentille ; car les travaux de Gagnières, par où l'on exploite, sous l'étage stérile, un faisceau maigre autochtone, contemporain des couches du Feljas, n'ont pas trouvé, entre l'étage stérile et ce faisceau, le prolongement de la lentille de Bessèges.

Dans la région Laval-Mas-Dieu, le nombre des écailles superposées et distinctes augmente encore. Tout en haut, on a l'écaille Sainte-Barbe ; sur elle, un système, caractérisé par l'abondance de *Mixoneura flexuosa*, qui paraît être le représentant de l'étage stérile de Gagnières ou du faisceau anthraciteux de Molières ; plus bas encore, un faisceau productif, exploité par le puits du Mas-Dieu, qui, par ses caractères paléontologiques, semble être

une réapparition de l'écaille Bessèges ; enfin, tout au fond, lié aux micaschistes, un système autochtone qui est la continuation du Pradel, mais qui, localement, peut être supprimé par le rabotage consécutif au déplacement des écailles. L'écaille Sainte-Barbe nous apparaît ainsi comme le prolongement de la partie haute de l'écaille de Molières. L'écaille de Bessèges, un instant réapparue dans la mine du Mas-Dieu, se serrerait de nouveau vers le Nord-Ouest et ne serait plus représentée, près du Pontil, que par des *lambeaux de poussée* stériles et de faible épaisseur.

Enfin, au nord de Gagnières, la structure se simplifie. La lentille de Bessèges a définitivement disparu. On n'a plus en présence que le système autochtone, prolongement du Feljas et des couches maigres de Gagnières, et, reposant sur ce système autochtone par une surface de charriage, une vaste écaille qui prolonge celle de Molières. Le système autochtone comprend les faisceaux productifs du Souterrain, de Cros et de Combelongue, de Garde-Girald, des Pilhes. L'écaille charriée comprend le faisceau productif du Mazel, équivalent des gras de Gagnières, et, sous ce faisceau, l'étage stérile à *Estheria cebennensis*. Sous cet étage stérile, on connaît, près de Pigère, une couche de houille, la couche Doulovy, qui est, de toutes les couches du Gard actuellement connues, la plus ancienne. La surface de charriage qui, dans cette région Nord du bassin, sépare l'écaille charriée du système autochtone, n'est autre que l'accident désigné par les mots *faille inverse* sur la carte et les coupes de Marsaut. Dans la vallée de la Gagnières, la base de l'étage stérile s'enrichit d'une épaisse formation de poudingues, qui finit en bord de lentille au Nord comme au Sud : au Nord avant d'arriver au contact du faisceau du Souterrain, au Sud avant d'arriver aux travaux de Lalle.

Dans chaque écaille, les repliements des couches indiquent que le mouvement général vient de l'Est ou du Sud-Est. La direction et la plongée des failles plates du Houiller sont identiques à celles des failles plates que l'on connaît, dans la même région, au sein des morts-terrains. Le *style tectonique* est le même, ou à peu près le même, dans les deux pays superposés : pays houiller, pays secondaire et tertiaire. La seule différence est que le Houiller s'est aisément plissé, en plis couchés parallèles aux failles plates ; au lieu que les morts-terrains, probablement parce qu'ils étaient moins plastiques, sont cassés, ou disjoints, suivant leurs strates, sans être plissés, du moins habituellement.

Dans les travaux souterrains de Bessèges, on constate l'existence de *zones de brouillages*, ou *zones mylonitiques*, très puis-

santes, accompagnant les deux surfaces de charriage qui comprennent entre elles la lentille de Bessèges. Ces deux zones sont connues depuis longtemps et figurées en *brouillages* sur les plans et coupes de la Compagnie houillère. La zone inférieure (entre Bessèges et Feljas) a une épaisseur de 30 à 50 m. ; elle offre un mélange chaotique de schistes broyés et de blocs de *gratte* à débris de micaschistes, ces derniers blocs arrachés au système Feljas et ayant toutes dimensions et toute forme ; il s'y mêle accessoirement des grès plus ou moins écrasés et des lentilles de charbon ; parfois des éléments intacts, ou à peu près intacts, du système Bessèges, épais de plusieurs mètres, s'intercalent dans la mylonite. La zone supérieure (entre Bessèges et le Stérile de Gagnières) a une épaisseur analogue ; elle diffère de l'inférieure par l'absence des blocs de *gratte*. Il n'y a plus que des schistes et des grès fins, broyés, et, accessoirement, des amas irréguliers et dispersés de charbon. Cela suffit pour que l'apparence de la mylonite soit beaucoup moins chaotique.

Dans la région Sud du Bassin, c'est-à-dire près d'Alais, les faisceaux exploités par les Sociétés de Rochebelle et du Nord d'Alais ont la flore de Rive-de-Gier et reposent sur les micaschistes. Rien, actuellement, n'autorise à penser que ces faisceaux ne soient pas autochtones. Le charriage ne se suppose pas ; il faut le démontrer. Mais il semble bien que le faisceau du puits de Saint-Germain, à *Mixoneura flexuosa*, soit charrié sur le faisceau du Bois-Commun qui fait partie du système de Rochebelle. Le Stéphanien moyen (flore de Saint-Étienne) affleure à Olympie, où il forme un lambeau isolé du grand bassin et entouré de tout côté par les micaschistes. Il affleure aussi dans l'étroite bande de terrain houiller quasi-vertical qui court, le long du bord Ouest du bassin, de Soustelle à Malataverne ; mais l'on ne sait pas encore les rapports tectoniques de ce Stéphanien moyen de bordure avec le Stéphanien inférieur de Rochebelle.

En tout cas, il y a, dans le Gard, deux bassins houillers distincts : l'un d'âge Saint-Étienne, l'autre d'âge Rive-de-Gier. Le plus récent était au nord-ouest du plus ancien, et, s'il a empiété sur le plus ancien, ç'a été seulement sur une partie de la surface de celui-ci. Nulle part, jusqu'à ce jour, on ne voit, dans le Gard, des couches à flore nettement Saint-Étienne superposées à des couches à flore nettement Rive-de-Gier. C'est le contraire que l'on observe, à cause des charriages. Si, comme je le suppose jusqu'à plus ample informé, le faisceau de Fontanes, base du système Rochebelle, est autochtone, la limite entre les deux lacs houillers passe quelque part entre Cendras et le puits des Oules, proba-

blement un peu au sud du puits de Malbosc. L'extension des deux lacs du côté de l'Est nous est encore inconnue ; et nous ignorons aussi quelle distance horizontale ont parcourue les écailles provenant du plus ancien des deux bassins et poussées sur le plus récent.

PROBLÈMES A RÉSOUDRE. — Parmi les problèmes à résoudre qui sont déjà posés et dont la solution paraît accessible et désirable, je citerai les suivants :

autochtonie, ou, au contraire, charriage du faisceau de Fontanes et du Nord d'Alais par rapport à son substratum de mica-schistes ;

rapports tectoniques du Houiller de Malataverne (bord occidental du bassin) et du Houiller de Rochebelle actuellement connu par le sondage du Galézon ;

extension vers le Sud de l'écaille de Sainte-Barbe ;

détails structuraux du paquet d'écailles de la région Laval-Mas-Dieu ;

enfin, et surtout, relation entre la tectonique du Houiller et la tectonique des morts-terrains.

Je ne veux parler ici que de ce dernier problème.

Nous avons dit, M. Friedel et moi, que nous inclinions à le résoudre par l'enchaînement des deux tectoniques. Les grands mouvements du Houiller, ceux qui se traduisent à nous par les failles plates et inverses, les plis couchés et les charriages, seraient d'âge alpin ; ils auraient été déterminés par la translation, au-dessus du Houiller, du paquet des écailles secondaires et tertiaires. En faveur de cette hypothèse, nous avons cité, comme arguments : l'étonnante analogie de *style tectonique* entre les deux pays superposés, pays houiller et pays de terrains secondaires et tertiaires ; le parallélisme habituel, au contact, du Secondaire et du Houiller ; le fait certain que ce contact du Secondaire et du Houiller est souvent un contact anormal, avec déplacement relatif ; l'extraordinaire variabilité d'épaisseur du Trias, parfois réduit à zéro et manquant tout à fait, puissant ailleurs de 250 m. et même de 360 ; la présence fréquente, dans les assises inférieures du Trias, d'assises écrasées, étirées, de véritables mylonites.

Mais il y a de graves objections, et notre manière de voir n'a pas entraîné l'adhésion générale.

On nous objecte que, très souvent, la base du Trias est formée de grattes grossières et relativement friables qui ont tous les caractères du premier dépôt d'une formation transgressive ; que

ces grès sont parfois difficiles à distinguer et à séparer des grès houillers sous-jacents ; que, dans les régions où le Houiller se décompose en écailles distinctes, le manteau triasique et liasique paraît transgressif sur les diverses écailles comme s'il s'était formé longtemps après leurs déplacements relatifs ; que la concordance des strates triasiques et liasiques et des strates houillères, assurément fréquente, n'est pas constante, et qu'elle fait place, çà et là, à une véritable discordance, même là où le contact du Secondaire et du Primaire a les caractères d'un contact normal, d'un contact de sédimentation.

La discussion reste ouverte, et je ne saurais trop recommander aux ingénieurs du Bassin d'accumuler des arguments pour ou contre l'âge alpin des grands mouvements du Houiller. Je dis des *grands* mouvements, car, en toute hypothèse, il y a, dans le Houiller du Gard, une tectonique hercynienne ; et la question est seulement de savoir si cette tectonique hercynienne comprend les plis couchés, les failles inverses et les charriages, ou si elle s'est réduite à quelques plis simples et à quelques failles, pour la plupart directes.

Pour mon compte, je répugne à croire qu'à deux époques aussi distantes, l'une anté-triasique, l'autre aquitanienne ou chattienne, il y ait eu, *dans la même région*, des mouvements d'une pareille analogie. Ce n'est pas impossible ; c'est peu vraisemblable.

En tout cas, et même si les charriages du Houiller sont un phénomène hercynien, le manteau des morts-terrains est, dans une large mesure, indépendant du Houiller sous-jacent. Ce manteau a glissé sur le Houiller, très souvent, en s'usant lui-même à sa base et en usant le Houiller sur lequel il glissait. On ne peut pas comprendre, sans cela, l'extrême variabilité d'épaisseur du Trias, là où le Trias existe ; ni surtout la suppression complète du Trias et du Lias, au-dessus du Houiller, dans la région du Nord d'Alais.

En tout cas encore, il est certain que les mouvements alpins, qui ont transporté par glissement les terrains secondaires et tertiaires au-dessus du Houiller du Gard, ont ébranlé aussi et agité, plus ou moins, le Houiller. La preuve en est dans le repliement du Houiller sur le Trias au ravin de Val-Malette, près du château de Traquette. Je n'ai pas besoin de rappeler que ce repliement a été constaté par la Société géologique, dans la matinée du 11 septembre.

AU SUJET DES CONGLOMÉRATS CHATTIENS DE LA RÉGION D'ALAIS

PAR **Pierre Termier.**

Je crois utile de résumer ici les considérations que j'ai développées, le 13 septembre, devant ceux de mes confrères qui ont visité avec moi les affleurements des conglomérats chattiens, à la sortie de Saint-Ambroix sur la route d'Avignon.

Tout d'abord, ces conglomérats sont bien de vrais conglomérats, de vrais sédiments. Ils forment des strates distinctes, où les cailloux, tous roulés, parfois énormes, présentent un classement grossier comme dans les cônes de déjections torrentiels, des lits à gros blocs alternant avec des lits de cailloux plus petits ou même des lits de graviers. L'ensemble est très différent des mylonites urgoniennes vues, le même jour, au Rocher Dugas et à la Tour Gisquet.

Les cailloux des conglomérats chattiens proviennent presque tous de l'Urgonien. On y trouve cependant aussi quelques cailloux de calcaire hauterivien et d'autres de calcaire valanginien. Je ne suis pas sûr qu'ils contiennent des cailloux jurassiques ; enfin je n'y ai vu, ni cailloux de Trias, ni cailloux de quartz, ni cailloux de micaschistes, gneiss ou granite. Tout indique, par conséquent, que les torrents impétueux (il y a des blocs dont le volume approche du mètre cube) qui ont formé ces conglomérats venaient de l'Est, et non pas de l'Ouest ; ils venaient de la région sur laquelle s'étend, aujourd'hui, le plateau des Garrigues, et non pas du Plateau central.

Au contraire, les poudingues du Rupélien, dans ce même bassin oligocène d'Alais, renferment en abondance des galets de quartz, de micaschistes, de granite ou de gneiss. Au Rupélien, les cours d'eau qui alluvionnaient dans cette partie du lac avaient leur origine sur le Plateau central, à l'ouest du lac ; c'étaient d'ailleurs des cours d'eau peu rapides ; ce n'étaient pas des torrents.

Au Lattorfien (Sannoisien), les sédiments qui se formaient dans le lac étaient tous d'une finesse extrême : vases calcaires alternant avec des bones organiques. Ainsi se sont constitués les calcaires à zones asphaltiques, suivant le processus récemment et clairement décrit par M. Arnold Heim. Les eaux du lac étaient un peu saumâtres.

La géographie de la région a donc beaucoup varié pendant l'Oligocène. Le lac chattien ne ressemblait point au lac rupélien qui l'avait précédé ; et celui-ci ne ressemblait guère à l'étang lattorfien, qui communiquait avec une lagune et où pullulait la vie. Les rives, aussi, se déplaçaient et changeaient d'aspect. Au Lattorfien, elles devaient être très basses, tout autour de l'étang ; au Rupélien, le lac était nettement dominé, à l'Ouest, par la région cristalline ; au Chattien, il était dominé, à l'Est, par un pays relativement montagneux, où n'affleurerait guère que de l'Urgonien, et il était rapidement envahi par les deltas torrentiels venant de sa rive orientale.

Tout cela m'incite à penser que les conglomérats chattiens proviennent du démantèlement d'une nappe de terrains infra-crétacés qui s'avancait de l'Est à l'Ouest, ou du Sud-Est au Nord-Ouest, sur le pays des Garrigues et sur le bassin oligocène. Elle s'avancait, en refoulant les eaux de ce bassin entre elle et le bord, très peu élevé, du Plateau central ; elle s'avancait, bien entendu, avec une extrême lenteur. *Elle était formée surtout de terrains brisés*, d'une mylonite grossière où dominait le calcaire urgonien. Sur cet immense amas de débris calcaires à peine cohérent, ou même, çà et là, tout à fait incohérent, les eaux sauvages exerçaient aisément leur action destructrice ; à chaque forte pluie, des torrents se formaient, qui emportaient au lac, en les roulant un peu et les classant sommairement, les éléments de la mylonite. Les *klippes* d'Alais, posées sur le Rupélien ou le Chattien, sont des témoins de la nappe en question.

Il me semble que cette hypothèse explique beaucoup de faits, dont l'explication, sans elle, est bien difficile. Elle rend compte, en particulier, du caractère exceptionnel des conglomérats chattiens (grosseur des blocs, nature des blocs) et des rapports de ces conglomérats avec la mylonite des klippes. Je dirai, dans une autre Note du même Compte rendu général, qu'elle s'associe facilement dans ma pensée avec les phénomènes qui ont donné les brèches d'Aramon et de la Montagnette. Car tout cela se tient, je l'ai beaucoup dit sur le terrain et je le répéterai encore ; et le problème des conglomérats chattiens est inséparable du problème des klippes, lui-même inséparable du problème de toutes les mylonites et de tous les déplacements tangentiels de la région.

SUR LE RATTACHEMENT DES RECOUVREMENTS TERTIAIRES DE LA RÉGION D'ALAIS AU SYSTÈME PYRÉNÉO-PROVENÇAL

PAR **Ch. Jacob.**

La Société, au cours des journées précédentes, a pu étudier, sous la conduite de MM. P. Termier et P. Thiéry, les chevauchements, les *failles-plates*, qui accidentent les *morts-terrains*, secondaires et tertiaires, de la bordure méridionale du Massif Central dans la région d'Alais. Au-dessus d'une couverture triasique et liasique qui semble se trouver en repos normal sur les formations antérieures de la région de la Grand'Combe et de celle de Molières, le Jurassique moyen et le Jurassique supérieur, le Crétacé inférieur et enfin la série oligocène constituent respectivement trois paquets, trois écailles principales, qui ont glissé les unes sur les autres. En partant à l'assaut du Massif Central, ces écailles se sont elles-mêmes fractionnées dans leur masse, suivant d'autres glissements qui ont amené de nouvelles suppressions d'étages. Les terrains se sont aussi étirés en lentilles dans le sens latéral et les moins plastiques d'entre eux ont acquis par place une structure bréchoïde très accusée.

Aucun doute non plus ne semble pouvoir subsister, après la visite de la *klippe* de la Bédasse, quant au charriage des témoins crétacés de la plaine d'Alais sur l'Oligocène de la même région.

L'objet de cette communication sera simplement de formuler quelques réflexions sur le rattachement au système orogénique pyrénéo-provençal, plutôt qu'au système alpin, des accidents dont l'importance vient d'être brillamment mise en lumière devant la Société.

Les failles-plates qui limitent les principaux décollements de bordure dans les morts-terrains — Faille de la Nougarede, sous le Jurassique moyen et supérieur ; Faille des Cévennes, sous le Crétacé inférieur ; Faille de base de l'Oligocène — affleurent toutes suivant la direction uniforme SW-NE. L'idée la plus simple est de rechercher l'origine de la poussée normalement à cette direction, c'est-à-dire vers le SE. A telle enseigne que pour trouver la zone de racines possible de la nappe des klippes d'Alais, qui a décollé toute la bordure, M. Termier va vers le Sud-Est : dépassant le pays très homogène des garrigues, qui s'étend jusqu'à la ligne également dirigée SW-NE Nîmes-

Remoulins-Roquemaure, notre confrère s'est adressé à la vallée du Rhône vers Aramon et vers la Montagnette de Barbentane. Pourquoi ne pas poursuivre cette idée? Le vecteur Aramon-Alais, long de 50 km., s'oriente à peu près suivant NW; et, amorcée au SE, sa direction passe par Marseille, en d'autres termes, le pays situé en arrière du charriage des klippen d'Alais se placerait en plein système provençal.

La conception que nous envisageons ici n'est du reste point nouvelle; et, si nous tentons de la généraliser maintenant aux environs d'Alais, on sait qu'elle s'est imposée il y a longtemps pour toute la bordure septentrionale du Languedoc depuis la région de Narbonne jusqu'au Sud du Vigan.

Rassemblons quelques souvenirs à ce sujet, en procédant du Sud-Ouest au Nord-Est.

On connaît l'interprétation des contours de M. Doncieux au S et à l'W de Narbonne, qu'a donnée en 1908 M. L. Bertrand: le Lias des hauteurs de Jonquières et de Fontjoncouse et celui de l'W de Narbonne appartiennent à une nappe pyrénéenne, poussée vers l'W après qu'elle a dépassé l'obstacle du Mouthoumet. La suggestion de M. L. Bertrand est confirmée par des notes récentes de M. Barrabé. En avant de cette nappe pyrénéenne, à en juger par la Feuille de Narbonne, un pli-couché semble naître entre Mouthoumet et Alaric vers les Palais au N de Saint-Laurent-de-Cabrerisse; il serait comme l'amorce au S de l'Aude des plis couchés si bien décrits au N dès 1899 par M. Depéret, plis qui, dans la région de Saint-Chinian, se couchent contre la Montagne Noire et ferment en pointe le Synclinal du Minervois. A l'intérieur, au-dessus des plis de Saint-Chinian, Nicklès a étudié, vers la même époque, ce qu'il appelle le faisceau du Roucan, paquet de Lias plissé et poussé sur l'étage de Rognac. Plus au NE, le Lias aborde directement par contact anormal la bordure permotriasique de la Montagne Noire; c'est au moins l'interprétation que donne Nicklès pour son lambeau de Fouzilhon-Gabian, où il signale des suppressions et des amincissements qui appellent, jusque par les termes employés dans leur analyse, une comparaison avec le style tectonique des environs d'Alais. Puis, c'est la région de N.-D. du Peyrou près de Clermont-l'Hérault, où, toujours d'après Nicklès, il y a lieu de signaler trois écaillés superposées, formées surtout de Lias, mais débutant chacune par du Keuper. Cette région de Clermont-l'Hérault paraît se relier par-dessus la pointe orientale de la Montagne Noire avec le petit Causse de Mourèze et peut-être par voie de continuité à celui de Bédarrioux. Au cours d'une récente excursion d'étu-

dians conduite en compagnie de M. F. Daguin, nous avons constaté sur le versant méridional du Causse de Mourèze, à 1 km. à l'E de Mourèze et dans le lit de la Dourbie, la superposition anormale très nette du Keuper sur des marnes toarciennes. Le Lias de cette bordure nord de la Montagne Noire varie du reste considérablement en épaisseur et s'accroît vers l'W « en bord de lentille ». Ainsi, débordant la Montagne Noire, le Causse de Mourèze reporterait plus au Nord le front de charriage, jusque contre les « rufes », c'est-à-dire contre la région située au Sud de Lodève, où le Permien moyen et supérieur, à l'état de grès et de marnes rouges, atteint un si grand développement et forme le soubassement des Causses véritables de l'Escandorgues et du Larzac. C'est à des considérations analogues que s'arrête Nicklès pour la région du Roc des Vierges, située immédiatement au NE de Clermont-l'Hérault ; et l'on arrive à la Montagne de la Sézanne, formée du Jurassique supérieur, contre laquelle Nicklès décrit près de Saint-Jean-de-Buèges six écailles de Trias et de Lias poussées du SE vers le NW.

Voilà donc pour le Languedoc un front extérieur, jalonné sur près de 150 km. depuis le SW de Narbonne jusque vers Ganges, front suivant lequel tous les auteurs sont d'accord pour admettre des poussées à l'W, puis au NW, bref une attribution au système orogénique pyrénéo-provençal ; et cela sans préjudice de la structure tectonique du Languedoc lui-même, dont nos confrères de Montpellier reprennent l'étude et qui semble bien être en entier déversé vers le NW.

De Ganges à Alais, ou mieux à Anduze, car les contours de M. Thiéry peuvent sans difficulté se prolonger jusque là, le saut n'est pas bien grand : il n'atteint pas 30 km. De plus les affleurements des failles-plates de la région d'Alais — de l'ancienne « Zone de la Faille des Cévennes » de Fabre — se place rigoureusement dans le prolongement des accidents de Saint-Jean-de-Buèges et de tout le front languedocien, tel que nous venons de le suivre. Sur les feuilles géologiques au 1/80 000^e assemblées, la continuité est saisissante.

Toutes les explications qui précèdent semblent emboîter, orogéniquement parlant, la région d'Alais beaucoup mieux dans le système pyrénéo-provençal que dans le système alpin.

Mais le raccord qui vient d'être suggéré ne tient compte que de la direction des accidents et du sens probable de la poussée. Ne va-t-il point se heurter à des considérations d'âge pour ces accidents tectoniques ? C'est là une question qu'il est plus facile de soulever que de résoudre.

Le charriage des klippes sur la plaine d'Alais est postérieur aux poudingues de la région de Saint-Ambroix alternant avec des grès et des marnes à *Helix Ramondi*, c'est-à-dire postérieur au Chattien. D'après tout ce que l'on sait du Miocène de la vallée du Rhône, de tels mouvements sont vraisemblablement antémiocènes. Les phénomènes orogéniques de la région d'Alais s'em-placent donc vers la fin de l'Oligocène. Cet âge est bien celui que leur attribue M. Termier.

Or, ce n'est à proprement parler ni un âge pyrénéen, ni un âge alpin.

L'opinion courante quant au système pyrénéo-provençal place sa formation vers la fin de l'Éocène. A vrai dire, sur le versant Nord de la moitié orientale des Pyrénées, on ne peut parler que d'âge anté-aquitainien : d'après les travaux de Vasseur et de ses collaborateurs sur le Bassin de l'Aquitaine, le Poudingue de Palassou, redressé avec le Plantaurel et les Petites Pyrénées, débute bien dans le Lutétien ; mais, vers le large du golfe d'Aquitaine, les poudingues montent jusque dans le Stampien ; et ce n'est qu'avec la mollasse aquitanienne des environs de Pamiers qu'est acquise réellement une formation discordante sur les dépôts plissés de la bordure de la chaîne. Par contre il ne faut pas oublier qu'en Provence, dans les Bassins d'Aix et de Marseille, la série discordante commence avec le Sannoisien.

Quant aux Alpes françaises, c'est au Miocène que les auteurs semblent encore s'accorder pour placer leur surrection principale.

Jusqu'à quel point ces notions classiques n'ont-elles point à être révisées ou précisées ? L'âge d'une chaîne est-il le même à ses deux extrémités ? Comment concevoir dans le temps la succession des phénomènes orogéniques depuis l'axe jusqu'à la bordure ? Tous ces problèmes ne sont point particuliers au cas examiné dans les lignes qui précèdent. Il n'en est parlé que pour réclamer, à côté de l'indication fournie par les lignes directrices, l'appui des considérations d'âge dans l'interprétation structurale d'ensemble à rechercher pour la vaste région disloquée au Tertiaire qui avoisine la basse vallée du Rhône.

LES BRÈCHES D'ARAMON ET DE LA MONTAGNETTE

Excursion du 16 septembre

PAR **Pierre Termier.**

Partis d'Alais à 7 heures du matin par le chemin de fer de l'Ardoise, les excursionnistes arrivent à Aramon à dix heures et demie. On déjeune sommairement dans un cabaret voisin de la gare ; puis, utilisant des cars automobiles venus d'Avignon, on se met en route.

Premier arrêt à Saint-Pierre-du-Terme. Là, franchissant la voie ferrée du P.L.M. par un passage sous rails, on se trouve tout de suite en présence du phénomène à observer et à expliquer. Sous le Burdigalien très fossilifère, dont l'assise de base est caractérisée par de nombreux galets à patine verte et par une teinte brune générale, on aperçoit d'épaisses brèches, entièrement formées de débris de calcaire hauterivien. Ces débris sont de toute grosseur, jusqu'à 40 ou 50 centimètres de plus grande dimension ; ils ne sont nullement classés ; la plupart sont anguleux ; ceux qui ne sont pas à angles vifs ont des angles et des arêtes simplement émoussés, mais ils ne sont pas véritablement roulés. C'est vainement que l'on cherche, dans le ciment qui les unit, des grains de quartz, du sable siliceux ; ce ciment n'est formé que de petits débris calcaires, de même nature que les gros débris ; débris petits et gros sont soudés entre eux par de la calcite secondaire.

Les brèches ont un aspect vaguement stratifié. Leurs vagues strates plongent vers le Rhône, c'est-à-dire vers le Sud-Est, sous un angle de quelques degrés. Le Burdigalien qui les recouvre a lui-même une inclinaison presque égale et parallèle. Comme le coteau sur lequel on s'élève en tournant le dos au Rhône présente une pente moins forte, on traverse peu à peu, en montant, toute la formation des brèches et l'on atteint son substratum, qui est l'Hauterivien, formé de calcaires d'un blanc grisâtre, à peine marneux, très uniformes et certainement très puissants.

Les brèches sont donc, ici, nettement intercalées entre Hauterivien et Burdigalien ; elles sont faites aux dépens du seul Hauterivien ; elles sont antérieures au Burdigalien ; comme, dans leur vague stratification, elles sont à peu près parallèles aux assises burdigaliennes, cette vague stratification des brèches, aujourd'hui faiblement inclinée vers le Rhône, était horizon-

tale, ou à peu près, quand s'est étendue, sur elles, la mer burdigalienne. Je demande qu'on veuille bien ne pas oublier cette première conclusion.

L'épaisseur de la zone des brèches, grossièrement mesurée dans le petit ravin qui aboutit devant l'entrée du vieux manoir de Saint-Pierre-du-Terme, est d'au moins 40 m. Mais comme la base de la zone est très imprécise, l'épaisseur réelle est certainement plus forte. Dans le Livret-guide, j'ai parlé de 100 m., comme d'un maximum. Cette évaluation est peut-être exagérée.

J'insiste sur le fait qu'il n'y a pas, à la base de la zone des brèches, de limite précise entre elles et l'Hauterivien. C'est par là que les brèches de Saint-Pierre-du-Terme se différencient profondément d'une formation *sédimentaire* qui se serait déposée sur l'Hauterivien et qui serait faite aux dépens de celui-ci. Ici, comme dans les *klippes* de la plaine d'Alais et comme dans le liseré urgonien qui borde à l'Ouest les dépôts oligocènes de cette plaine, les assises de calcaire crétacé *se fondent* dans la brèche qui les entoure. On croit être sorti des brèches et fouler dorénavant le Crétacé intact ; point du tout ; voici que, de nouveau, les assises se disloquent, se brisent, deviennent confuses et indistinctes, et passent à des brèches, identiques à celles que l'on vient de quitter.

L'Hauterivien auquel on aboutit, et qui paraît de moins en moins enclin à se transformer en brèches au fur et à mesure que l'on s'éloigne du Rhône, est d'ailleurs très plissé, parfois vertical, la direction des plis étant Nord-Est.

L'apparence vaguement stratifiée que présentent les brèches, dans le ravin de Saint-Pierre-du-Terme, semble tenir à une orientation grossière des débris, non à un classement quelconque suivant le volume ; elle indique, non une sédimentation dans un liquide, mais bien un arrangement entre solides sous l'influence d'un déplacement général de toute la masse brisée, déplacement général dirigé du Sud-Est au Nord-Ouest.

Les brèches de Saint-Pierre-du-Terme ont été distinguées et désignées, avec un contour à peu près exact et une teinte pourpre, sur la feuille *Avignon* de la Carte géologique. Les auteurs de cette feuille (F. Fontannes et L. Carez) les ont interprétées comme des poudingues et rattachées à l'Éocène (étage des sables et poudingues d'Euzet). Personne, à cette époque, 1888, n'aurait pu songer à en faire autre chose qu'un terrain sédimentaire. Telle avait été, d'ailleurs, bien des années auparavant, l'impression d'Émilien Dumas.

Mais, pour moi, les caractères que je viens d'énumérer et qui, sur le terrain, sautent aux yeux, sont ceux de *calcaires écrasés*. Les brèches en question sont, pour moi, des mylonites de calcaire hauterivien.

La discussion commence tout de suite. Elle sera très vive, comme il convient à un problème difficile et dont la solution aura une grande importance ; elle durera tout le jour, prolongée et rendue un peu confuse, malheureusement, par la difficulté de grouper sur un vaste terrain où tout est intéressant, une soixantaine de géologues.

Tout en discutant, nous redescendons à Saint-Pierre-du-Terme et nous gagnons la voie ferrée du P.L.M., aux abords du km. 753. Là, de grandes tranchées coupent les brèches, montrant, mieux encore qu'à Saint-Pierre, l'antériorité des brèches à la transgression burdigalienne, leur caractère chaotique, l'absence totale de classement dans leurs débris, l'absence aussi de tout ciment étranger (en dehors de la calcite secondaire), sauf en un point où l'on voit, mêlée aux débris, un peu de marne rose qui fait songer aux marnes chattiennes que nous verrons tout à l'heure s'incorporer à la mylonite. De petites failles tranchent à la fois les brèches et le Burdigalien ; l'une d'elles, de direction presque parallèle à la voie ferrée, pourrait faire croire à un placage de brèche, nettement séparé de l'Hauterivien ; mais, vérification faite, ce n'est pas l'Hauterivien qui supporte ce prétendu placage ; c'est encore de la brèche. À l'ouest de la voie ferrée, sur la hauteur assez escarpée qui la domine, on essaye de traverser la zone des brèches ; et l'on constate ainsi, d'abord qu'elle est fort large, ensuite qu'il n'y a pas de limite précise entre elle et l'Hauterivien intact. Quelques-uns de nos jeunes confrères découvrent, dans les brèches des grandes tranchées, *des débris striés par friction mutuelle* : preuve manifeste que les brèches ont été mises en mouvement.

On reprend les voitures et l'on s'en va à la Vernède, près du km. 751 de la voie ferrée. Observations analogues : sous le Burdigalien, voici l'Hauterivien, tantôt intact, tantôt transformé en brèche, c'est-à-dire mylonitique ; sans qu'il soit possible de mettre une limite précise entre le calcaire intact et la brèche la plus chaotique. Nous sommes ici au point le plus septentrional de la partie visible de la zone des brèches ; plus au Nord-Est, elle se cache sous les alluvions du Rhône. Ce point est parfaitement indiqué sur la Carte géologique. Nous allons maintenant revenir vers le Sud et nous rapprocher d'Aramon.

Troisième arrêt, près du passage à niveau de l'ancienne route d'Aramon à Avignon par Saze, tout à côté de la ruine pittoresque d'un moulin à vent. La route entame un affleurement d'Hauterivien ; une petite carrière est ouverte à quelques pas de là, dans le même affleurement. On voit des bancs parfaitement réglés et intacts ; et ces bancs, soudain, se disloquent et se transforment en des brèches, identiques à celles de la Vernède et à celles de Saint-Pierre, et dont on ne peut pas douter qu'elles ne soient des mylonites. La grosseur des débris est ici remarquable : jusqu'à 1 m. de plus grande dimension.

Nous remontons en voiture. Un quatrième arrêt nous rassemble tous, près de la gare d'Aramon, sur le point que nous avons, M. Joleaud et moi, signalé en 1921 comme offrant la preuve d'un mélange mécanique de la mylonite hauterivienne avec les marnes roses du Chattien. Ce point est celui-là même où, en 1900, E. Pellat et M. Depéret ont découvert *Helix Ramondi*. Il est situé à environ 1 km. de la gare de voyageurs d'Aramon du côté Nord-Est, dans le talus d'un petit chemin qui longe le bord Nord de la voie ferrée P.L.M.

A peu de distance, l'Hauterivien affleure. Il y a sur lui, au point que je viens de définir, un lambeau de marnes roses, très argileuses, où l'on trouve en abondance *Helix Ramondi* dans ses formes globuleuses typiques. On voit nettement, dans le talus du chemin, les marnes roses supporter des brèches à débris d'Hauterivien, lesquelles passent latéralement à un banc supérieur de ces mêmes marnes, et une autre brèche, identique à la première, se glisse sous les marnes roses. Les brèches en question, qui sont ainsi séparées l'une de l'autre par du Chattien fossilifère et qui se fondent dans ce Chattien, ne diffèrent point des brèches de Saint-Pierre-du-Terme, ou n'en diffèrent que parce qu'un peu de marne rose se mélange à leurs débris. Je rappelle que, dans les grandes tranchées de la voie ferrée, près du km. 753, on a vu tout à l'heure, sur un point, un peu de cette même marne rose apparaître dans le ciment des brèches. J'interprète ce mélange du Chattien aux brèches comme un mélange mécanique, par écrasement simultané de l'Hauterivien et du Chattien ; et j'y vois la preuve que le phénomène de transport qui a donné naissance aux mylonites est d'âge chattien ou aquitanien, puisque nous savons déjà qu'il est anté-burdigalien.

On discute longtemps devant cet humble affleurement que le moindre déplacement de la voie ferrée aurait si bien pu faire disparaître. Beaucoup de mes confrères tiennent pour la nature

sédimentaire des brèches : ce seraient des sédiments bréchi-formes alternant, dans le Chattien, avec des marnes rosées. D'autres proposent d'y voir des *brèches de pentes*, d'âge chattien. Mais la vague stratification du mélange marnes-brèches est horizontale ; non loin de là, le Burdigalien est horizontal aussi ; rien n'indique donc que dans la région, à l'époque chattienne, il y ait eu un relief capable de donner naissance à des brèches de pentes ; et d'ailleurs les brèches de pentes, que j'ai vues bien souvent dans la région méditerranéenne et dans l'Afrique du Nord, ne ressemblent pas du tout à celles-ci.

Nous gagnons à pied la gare d'Aramon, sans cesser de causer et de controverser. Je montre à mes confrères, près de la gare, un curieux gisement d'argile rouge et de sable ferrugineux sidérolitique, remplissant des poches et des crevasses de l'Hauterivien. Non loin de là, sur un chemin qui longe le parc du château d'Aramon et qui conduit à la tête Sud du tunnel P.L.M., je fais observer que l'Hauterivien est plissé de façon assez intense et que ce plissement s'accompagne d'écrasements locaux qui transforment le calcaire en mylonite. Ici, tout le monde se met d'accord. La discussion persiste seulement sur le point de savoir si cette mylonite incontestée est, ou non, identique, quant à sa nature et à son origine, aux brèches de Saint-Pierre-du-Terme, de la Vernède, du Moulin-à-Vent et du gisement des *Helix Ramondi*. Je ne doute pas, quant à moi, de l'identité de toutes ces brèches, et je les regarde toutes comme des mylonites.

La journée s'achève par la visite de la Montagnette. Les automobiles nous font traverser le Rhône sur un pont suspendu, puis nous emportent le long du bord Nord-Ouest du petit massif calcaire, jusqu'au village de Barbentane, d'où part une route étroite et accidentée qui conduit à l'abbaye de Frigolet, au centre du massif. Nos lourds véhicules s'engagent sur cette route et nous ne les quittons qu'en vue de l'abbaye. A la sortie de Barbentane, le contact du Burdigalien et de l'Hauterivien est un instant visible ; ce dernier terrain est partiellement transformé en brèches, près du contact.

La Montagnette se présente comme un îlot de calcaires crétacés, aride, sauvage et presque désert, entouré de tout côté par la plaine aux riches cultures. La mollasse miocène apparaît çà et là sur les bords de l'îlot ; elle forme aussi, en plein îlot, quelques lambeaux épars, de faible épaisseur, signalés de loin au regard par une végétation plus active. Les calcaires crétacés appartiennent à l'Hauterivien et au Barrémien ; ils sont

peu plissés, en général, et souvent presque horizontaux. Quand ils plongent, c'est habituellement au Sud-Est.

Un peu au sud de la ferme des Bouisses, non loin de Frigolet, les calcaires hauteriviens que l'on voit affleurer sous la forme de bosses arrondies, séparées par de petits vallons, passent à des brèches entièrement semblables à celles d'Aramon et de Saint-Pierre-du-Terme, et se fondant insensiblement, comme celles-ci, dans les calcaires intacts et réglés. La seule différence avec Saint-Pierre-du-Terme est l'absence, ici, de toute apparence stratifiée. L'aspect est identique à celui de certaines *klippes* de la plaine d'Alais, sauf que l'on a affaire, dans ce gisement des Bouisses, à l'Hauterivien, et non à l'Urgonien. La ressemblance est frappante, aussi, avec les mylonites urgoniennes du Rocher Dugas de Saint-Ambroix.

Ces brèches des Bouisses ont été vues par les auteurs de la feuille *Avignon* et marquées par eux, sur leur carte, de la même teinte et du même symbole éocène que les brèches de Saint-Pierre-du-Terme. Il m'a semblé toutefois que la surface réellement occupée par les brèches est notablement plus grande que la carte géologique ne l'indique.

Nulle part, la nature mylonitique des brèches ne m'a paru plus évidente qu'aux Bouisses. Il ne peut être question, ici, ni d'un placage sur l'Hauterivien, ni d'une brèche de pentes, ni d'une désagrégation superficielle du calcaire sous l'influence des agents atmosphériques. L'écrasement est, pour moi, la seule cause adéquate, la seule que l'on puisse raisonnablement invoquer pour rendre compte de tous les phénomènes observés : énorme épaisseur et aspect massif des brèches ; passage insensible au calcaire intact ; absence de stratification ; absence de tout ciment étranger. Aussi la discussion se fait-elle, peu à peu, moins vive, et plusieurs de mes contradicteurs du matin paraissent-ils maintenant ébranlés dans leur incrédulité.

Nous remontons dans les voitures, et, par la même route, nous regagnons Barbentane. Le vent a fraîchi ; de grands nuages noirs donnent au ciel un aspect tragique ; le désert de la Montagnette, que n'incendie plus le soleil, semble infiniment triste et désolé. Chacun songe aux longs débats de la journée et repasse dans son esprit les arguments pour ou contre les mylonites ; et tout cela fait, sur la caravane devenue silencieuse, comme un poids de doute et d'incertitude. Pour chasser l'obsession et ramener la gaieté, il ne faut pas moins que l'apparition de la plaine, la traversée des joyeux villages, l'entrée, enfin, dans la ville des Papes, bruyante et jolie, où cet après-midi de dimanche a des airs de fête.

• A PROPOS DES BRÈCHES D'ARAMON ET DE BARBENTANE

PAR Ch. Jacob.

Il est incontestable que les brèches examinées offrent des aspects très analogues au moins à l'œil nu. Mais l'étude micrographique du ciment des brèches reste à faire ; peut-être permettrait-elle déjà d'y distinguer des catégories. En tous cas, les brèches ne semblent pas toutes occuper la même situation par rapport aux terrains avoisinants, ni être susceptibles de recevoir la même interprétation. Cette opinion s'est assez généralement manifestée dans les discussions poursuivies durant la journée du 16 septembre au sujet de l'origine de ces brèches.

Pour ma part, je retiendrais volontiers au moins les catégories suivantes :

1° *Brèches de base de la transgression miocène.* Ce sont celles que la Société a vues les premières, au-dessus du hameau de Saint-Pierre-du-Terme. Elles reposent sur l'Hauterivien, en discordance si l'on en juge d'après les pendages de cet Hauterivien, qui au surplus n'est pas particulièrement bréchoïde, sur une route passant à l'Ouest et en contrebas de l'affleurement examiné. Celui-ci comporte deux lambeaux, un de chaque côté du petit ravin de Saint-Pierre-du-Terme. Tous deux supportent très nettement en concordance le cordon de galets à patine verte, qui forme la base de la mollasse burdigalienne marine à *Pecten præscabriusculus*. L'interprétation reprise ici n'est autre que celle de la légende de la feuille d'Avignon.

2° *Brèches d'altération de surface, tertiaires et quaternaires.* Cette catégorie de brèches se rencontre fréquemment à la surface des massifs calcaires, notamment dans les pays chauds, sans que le ciment s'accompagne toujours de produits latériques. Elle n'est pas tellement différente de la précédente, qui peut avoir tiré ses matériaux de cailloutis d'altération anté-burdigaliens. Mais à côté de celle-ci, figurent des brèches quaternaires et des brèches subcontemporaines, formant placage ou poche à la surface des calcaires. On en a déjà vu de telles le long de la voie ferrée à l'Est de Saint-Pierre-du-Terme. De plus l'après-dîner, dans la Montagnette en sortant de Barbentane, les carrières et les talus voisins de la route montrent une sorte de croûte superficielle, bréchoïde, d'épaisseur très variable, qui pourrait correspondre aussi à ce mode de formation, mode qui conviendrait encore pour

le beau paquet isolé, près duquel, aux Bouisses, la Société a terminé son trajet de l'après-midi.

3° *Brèches sédimentaires chattiennes*. C'est là l'interprétation la plus simple pour les deux blocs visités au milieu de l'affleurement très restreint des couches à *Helix Ramondi*.

4° *Brèches tectoniques*. Sur certains points, la Société a bien vu des brèches tectoniques, comme par exemple au-dessus de la sortie occidentale du tunnel d'Aramon, où des cassures et des zones tourmentées de l'Hauterivien s'accompagnent de calcaires broyés. Mais nulle part, tant près d'Aramon que dans la Montagnette, le phénomène n'a paru revêtir l'ampleur impressionnante des brèches, dérivées d'un rocher massif urgonien, dans la klippe de la Liquière, ou bien encore celle des paquets disloqués de Néocomien essaimés le long de la faille-plate qui limite la base occidentale de l'Oligocène d'Alais.

Si ces distinctions, ou d'autres analogues, sont admises à travers les brèches visitées, celles-ci perdent leur signification et ne fournissent plus une indication pour l'origine des klippes d'Alais. Du reste, la question des brèches étant réservée et sans se refuser à chercher les racines de la nappe des klippes ailleurs dans la basse vallée du Rhône, on peut remarquer que le revers méridional du massif d'Aramon et la Montagnette de Barbentane paraissent offrir une structure bien homogène et bien tranquille pour correspondre au départ d'un tel charriage.

LES MYLONITES DE LA VALLÉE DU RHÔNE ET LEUR LIAISON AVEC LES DÉPLACEMENTS TANGENTIELS DE LA RÉGION D'ALAIS

PAR **Pierre Termier.**

Ainsi qu'on a pu le voir par le Compte rendu que j'ai donné de l'excursion du 16 septembre et par la Note ci-dessus de M. Ch. Jacob ¹, la nature mylonitique des brèches de Saint-Pierre-du-Terme, de la Vernède, d'Aramon, de la Montagnette, n'a pas été admise du premier coup par tous mes confrères. Il a semblé à quelques-uns que l'on devait distinguer, dans ces brèches, plusieurs catégories, dont une seulement serait mylonitique ; il y aurait, outre cette première catégorie, des brèches sédimentaires, des brèches de pentes, enfin des brèches résultant de la désagrégation d'un sol calcaire sous la simple influence des agents atmosphériques.

Je m'attendais à cette controverse. Elle a failli se produire, le 11 septembre, sur le chemin de la Bédasse ; et s'il n'y avait pas eu superposition *évidente* des brèches au Rupélien, j'aurais éprouvé quelque difficulté à convaincre mes amis que ces brèches fussent vraiment des mylonites. La vérité est que les mylonites de cette région de la France sont d'un type nouveau et déconcertant. Elles ont trompé M. Arnold Heim, qui est cependant un géologue expérimenté et qui a vu des pays très divers ; elles tromperont encore d'autres observateurs.

Mais la meilleure preuve que l'on fait fausse route en voulant distinguer plusieurs catégories parmi les brèches en question, c'est que mes contradicteurs ne s'entendent point sur la répartition des affleurements entre les catégories. Pour les uns, les brèches des Bouisses, dans la Montagnette, sont des mylonites incontestables ; alors que d'autres tiennent ces mêmes brèches pour le résultat d'un simple phénomène d'altération superficielle. Et, d'ailleurs, quelle invraisemblance que la juxtaposition, dans ce pays, de brèches d'origine si diverse, d'aspect si exceptionnel, et cependant si semblables entre elles !

Je suis très convaincu que la discussion aurait cessé, et que

1. Voir aussi, au C.R.S. (1923), p. 164 et 165, les observations de MM. Haug et Kilian.

l'unanimité se serait faite sur la nature mylonitique de *toutes* les brèches montrées par moi le 16 septembre, si la visite eût été moins rapide, si l'on eût pu revoir, le lendemain ou quelques jours après, tous les affleurements visités, et revoir ensuite les mylonites alaisiennes, celles des klipptes et celles de Saint-Ambroix. Ce n'est pas en un jour que l'identité m'est apparue, de toutes ces brèches ; je les ai regardées de fort près, et à diverses reprises, et à des intervalles de plusieurs mois ou d'une année. Je crois ne pas me tromper en disant que *toutes* sont des brèches d'écrasement, que *toutes* sont des mylonites.

Aucune ne ressemble à un dépôt sédimentaire. Le type du dépôt sédimentaire à gros blocs, c'est le conglomérat chattien d'Alais. Les brèches dont je parle ne ressemblent pas à ce conglomérat ; l'observateur le moins exercé les en distinguerait sans hésitation : d'abord parce qu'elles ne présentent ni classement de grosseur, ni galets roulés ; en second lieu, parce qu'elles *se fondent* dans les calcaires aux dépens desquels elles se sont formées ; en troisième lieu, parce que leur ciment n'est fait que des mêmes calcaires broyés et pulvérisés, sans aucun mélange d'éléments étrangers, sauf sur quelques points exceptionnels où deux terrains différents, broyés l'un et l'autre, s'y trouvent mêlés, ce qui est le cas des gisements des *Helix Ramondi* d'Aramon.

Aucune, non plus, ne ressemble à une brèche des pentes. En pays calcaire, la brèche des pentes est *toujours* cimentée par de la *terra rossa* ; ici, l'unique ciment est la calcite secondaire. De plus, dans les localités où l'idée d'attribuer la brèche à un phénomène de pente est venue à quelques-uns de mes amis, je crois pouvoir établir qu'il n'y avait pas de pente au moment de la formation de la brèche : les lits grossiers de celle-ci sont horizontaux, et l'horizontalité persistante de la mollasse miocène voisine montre qu'ils n'ont point été dérangés de leur position primitive par les mouvements ultérieurs.

L'hypothèse la plus séduisante, après l'hypothèse mylonitique, est celle de l'altération superficielle. On se souvient que M. Arnold Heim a cherché à expliquer de la sorte les brèches urgoniennes des klipptes d'Alais et celles de Saint-Ambroix. A Saint-Pierre-du-Terme et aussi à Barbantane, le fait que la partie haute des brèches apparaît immédiatement sous le conglomérat de base du Burdigalien est évidemment favorable à cette hypothèse.

Mais, contre cette même hypothèse, il y a l'épaisseur énorme qu'ont, sur certains points, les brèches, certainement plus de 40 m. à Saint-Pierre-du-Terme, et peut-être bien davantage ; il

ya le fait que les brèches ne sont pas toutes localisées au voisinage du Burdigalien ; il y a enfin le fait que certaines brèches sont des mylonites évidentes et qu'il est impossible de trouver une différence appréciable d'aspect entre celles-ci et celles pour lesquelles on pourrait être tenté d'invoquer, comme cause, la simple altération superficielle.

Plus fortes que tout cela sont les raisons d'ordre général. Ce n'est point par hasard que j'ai trouvé les brèches d'Aramon ; je les ai trouvées où je savais bien, d'avance, que je trouverais quelque chose ; je les ai trouvées en cherchant l'affleurement de la surface de charriage, base de la nappe des klippes d'Alais.

La nappe des klippes d'Alais ne peut pas, selon moi, provenir du pays des Garrigues. Ce pays, tabulaire ou peu plissé, est un pays *homogène*, tectoniquement parlant. La nappe des klippes est passée sur lui. Le pays des Garrigues a cheminé, vers l'Ouest ou le Nord-Ouest, d'un mouvement d'ensemble ; on n'y observe que des décollements horizontaux, sans doute de faible amplitude, parfois accompagnés de mylonitisations locales ¹.

Le premier accident tectonique important que l'on rencontre, quand on va de la plaine d'Alais à la vallée du Rhône, est celui qui détermine le bord du plateau urgonien entre Sernhac (près de Remoulins) et Sauveterre, et qui court, avec une direction Nord-55° Est, de Nîmes à Châteauneuf-Calcernier. Il est malheureusement caché presque partout par le Pliocène ou le Quaternaire ; mais, dans son voisinage immédiat, l'Urgonien est souvent mylonitique, notamment à Sauveterre et à Notre-Dame-de-Rochefort. La zone des brèches d'Aramon est à peu près exactement parallèle à cet accident Nîmes-Châteauneuf ; on a vu que les brèches y abondent, au point de constituer, entre Aramon et la Vernède, une bande continue de 4 km. et demi de longueur ; dès que l'on s'écarte de la zone en question, dans le pays hauterivien qui la domine au Nord-Ouest, les mylonites deviennent très rares et n'ont plus qu'un caractère local ; j'ajoute que ce pays hauterivien, ainsi compris entre deux grands accidents tectoniques, est, en dépit de l'apparence tranquille qu'il a quand on le regarde de loin, très fortement plissé, la direction de ses plis étant, presque toujours, parallèle aux deux accidents.

Ces coïncidences si frappantes ont depuis longtemps entraîné ma conviction. Chacun des deux accidents parallèles dont je viens

1. Un de ces décollements d'assises superposées, avec glissement des bancs et mylonitisation partielle, s'observe, dans l'Urgonien, quasi-horizontale, au petit col que franchit la route d'Uzès à Alais, à 1 200 m. environ au nord-ouest de Fontcouverte, près du point 210 de la carte d'État-Major, feuille *Le Vigan* (observation de M. G. Friedel et de l'auteur).

de parler est l'affleurement d'une surface de charriage. Celle dont l'affleurement court de Nîmes à Châteauneuf forme la base de la nappe des klipptes. Le pays hauterivien compris entre les deux accidents appartient à la nappe même des klipptes. Le deuxième accident, dont l'affleurement est marqué par la large zone mylonitique d'Aramon, est la base d'une autre nappe (ou, si l'on veut, d'une autre écaille), à laquelle appartient la Montagnette. Sur cette écaille de la Montagnette, une troisième écaille a glissé, dont témoigne l'existence, aux Bouisses et à Barbentane, d'autres mylonites, seuls lambeaux conservés, à la surface du plateau calcaire, d'un manteau mylonitique qui devait jadis le recouvrir en entier.

Au nord-est de la Montagnette, au village de Châteaurenard, un dôme surbaissé d'Urgonien sort de la plaine mollassique. Sur une vaste étendue, près du point 47 de la carte d'État-Major, l'Urgonien de ce dôme est à l'état de mylonite, et, comme tel, exploité en carrière pour l'empierrement. Je pense que l'Urgonien de Châteaurenard et l'Hauterivien de la Montagnette appartiennent à la même écaille, et que leurs mylonites font partie du même manteau mylonitique, déjà morcelé par l'érosion anté-burdigalienne, presque entièrement détruit par l'érosion subséquente.

Ainsi se rattachent les déplacements tangentiels observés dans la région d'Alais et ceux que l'on observe dans la vallée du Rhône. Ils sont du même âge ; et, quand ils ont été accompagnés de phénomènes d'écrasement, ceux-ci, dans les calcaires infra-crétacés, ont donné *les mêmes mylonites*, dont M. Arnold Heim a eu bien raison de dire qu'elles ne ressemblent point à celles des Alpes suisses. Ces mylonites par simple concassage ou broyage, sans laminage, sont caractéristiques, à mes yeux, d'un écrasement de roches dures opéré sous une très faible pression, c'est-à-dire très près de la surface du sol. Il a dû se produire de semblables mylonites dans les Alpes ; mais l'érosion les a fait disparaître et nous n'y trouvons plus que des mylonites *de profondeur*, d'aspect totalement différent.

Je suis ainsi ramené à ma conception, exposée un peu plus haut, du transport de la nappe des klipptes : un transport *en surface*, comme celui d'un immense tas de débris que l'on pousserait, latéralement, avec une force à peu près horizontale. Mais ce transport en surface entraînait le déplacement d'autres masses profondes, qui cheminaient sans se briser, ou en ne se brisant que localement et accidentellement ; ces masses profondes se découpaient, parallèlement aux strates de leurs terrains, en paquets qui glissaient les uns sur les autres et dont le cheminement total était ainsi variable d'un paquet à l'autre.

Nous avons dit en 1921, M. Joleaud et moi, que ces déplacements tangentiels — dont on ne peut pas douter qu'ils ne soient anté-burdigaliens — sont d'une époque chattienne ou aquitaine, puisqu'ils ont affecté des couches à *Helix Ramondi*. Mon sentiment, à ce sujet, se précise. Je crois que les conglomérats chattiens de la plaine d'Alais se sont formés aux dépens de la nappe brisée qui venait de l'Est ou du Sud-Est et rétrécissait graduellement le lac oligocène. L'avancée de la nappe dont les klïppes sont des témoins est donc, pour moi, contemporaine du Chattien d'Alais et de Saint-Ambroix. Et tel est aussi l'âge du déplacement de toutes les écaïlles alaisiennes faites de terrains secondaires ou tertiaires.

Quant à la question, soulevée par M. Ch. Jacob, de savoir si ce vaste système de déplacements tangentiels doit être appelé alpin ou pyrénéo-provençal, j'avoue qu'elle me laisse assez indifférent. La vraie définition d'une chaîne de montagnes est donnée par son âge ; mais comme le mouvement qui produit cette chaîne se propage avec lenteur, l'âge est variable d'un point à l'autre et l'on peut donc discuter indéfiniment sur le rattachement géographique de deux éléments distincts. Une chose est certaine, c'est que le principal plissement de la Provence, accompagné de grands charriages, était *depuis très longtemps* terminé quand les écaïlles d'Alais et d'Avignon se sont mises en marche. Et quant à l'exacte direction de la marche de ces écaïlles, nous ne la connaissons pas. L'impression que l'on a actuellement, quand on regarde une carte géologique d'ensemble, est que les écaïlles sont venues du Sud-Est ; la plupart, en effet, plongent au Sud-Est, quand elles plongent ; mais cette plongée est due à une surrection très récente du Plateau central et n'est nullement un phénomène concomitant du déplacement tangentiel. Un fait, un seul, pourrait nous indiquer la vraie direction de celui-ci : l'orientation des plis couchés du Houiller du Gard. Ils sont couchés vers l'Ouest, non vers le Nord-Ouest ; et l'on serait alors tenté de croire que la poussée vient de l'Est, non du Sud-Est. Mais qui pourrait affirmer, aujourd'hui, que les plis couchés du Houiller sont du même âge que l'avancée des écaïlles de morts-terrains ? J'ai dit plus haut l'incertitude où nous sommes encore à cet égard.

LA NAPPE DE SUZETTE

Excursion du 17 septembre

PAR **Pierre Termier.**

Dès 6 heures du matin, nous sommes en route, rapidement emportés, par des cars automobiles, vers le massif de Gigondas. Nous traversons successivement Entraigues, Monteux, Carpentras, Aubignan, Beaumes-de-Venise, tout un vaste pays de mollasse aux strates horizontales, le plus souvent cachée par les dépôts quaternaires.

Mais voici qu'au nord de Beaumes, sur la route de Lafare, la mollasse, brusquement, se redresse jusqu'à la verticale. Derrière l'Helvétien, le Burdigalien apparaît, dressé comme un mur ; et, derrière ce Burdigalien vertical, voici le Sannoisien, également vertical, composé de calcaires en plaquettes, souvent fétides sous le choc, alternant avec des argiles vertes ou roses et de petits bancs de gypse. Nous entrons dans le massif de Gigondas¹.

Ce massif apparaît dans une vaste déchirure du manteau de mollasse miocène. Sur les bords de la déchirure, la mollasse est plus ou moins redressée, parfois verticale, quelquefois renversée ; dans ce brusque redressement, il arrive que le Burdigalien soit supprimé, çà et là, par étirement ; ailleurs il est réduit dans son épaisseur et, par exemple, privé de son étage de poudingues. Le massif de Gigondas est donc un anticlinal du plissement post-helvétien ; cet anticlinal prolonge, à l'Ouest d'abord, puis au Nord (après une conversion de 90 degrés), l'anticlinal du Ventoux. Au point culminant du massif (Pyramide de Saint-Amand, cote 734) un lambeau de Burdigalien, en couches horizontales, subsiste, respecté par l'érosion. Il indique l'amplitude qu'a atteinte, ici, le plissement post-helvétien : entre ce point 734 et le village de Beaumes, le Burdigalien a été dénivélé d'environ 700 m.

Le massif de Gigondas, ainsi mis à jour par le plissement post-helvétien et par l'enlèvement de la couverture mollassique, nous offre des terrains violemment plissés qui sont : Trias, Callovien et Oxfordien inséparables, Jurassique supérieur (du

1. Je prie le lecteur de suivre cette description sur la feuille *Orange* de la Carte géologique.

Lusitanien au Portlandien), Berriasien, Valanginien, Hauterivien, Barrémien, Aptien, Éocène et Oligocène inséparables formant une série extrêmement puissante à faciès lagunaire. Toute la stratigraphie du massif, sauf celle du Trias, a été définie de façon précise par Léonhardt. Seul le Trias a été méconnu ; il est à l'état de cargneules, dont l'âge triasique résulte avec certitude de leur identité pétrographique avec les cargneules de Mérindol où nous trouverons demain une faune du Muschelkalk. Ce Trias paraît être ici *en nappe* : c'est ce que nous avons appelé, M. Joleaud et moi, *la nappe de Suzette*.

Nous prenons contact avec les cargneules près du Moulin de Mitré. Le ruisseau qui descend des hauteurs de Suzette s'appelle le Riou Saladou, nom qui témoigne de la salure de ses eaux. Le contact des cargneules avec les autres terrains n'est pas visible ici même. J'explique qu'en remontant le ravin qui vient de l'Ouest, on verrait bientôt les cargneules prendre l'allure d'un manteau jeté sur l'Oligocène, et qu'en un point du contact on trouverait un très gros bloc, de plusieurs mètres cubes, qui est une mylonite de cargneule triasique et de calcaire jurassique.

Nous laissons nos voitures à Lafare et montons à pied, en suivant la route, jusqu'à Suzette. Bientôt l'Oxfordien apparaît, marnes schisteuses noires où l'on trouve quelques Ammonites, parmi lesquelles *Cardioceras cordatum*. La route se tient au voisinage du contact de cet Oxfordien et des cargneules ; et chacun peut constater que le contact est anormal et que le Trias *flotte* sur l'Oxfordien. Avant d'arriver à Suzette, on voit, tout près de la route, un grand nombre de très gros blocs, éboulés du haut de la Pyramide de Saint-Amand : c'est du Burdigalien très blanc, à faciès de calcaire à Bryozoaires, contenant souvent des galets, et même d'énormes morceaux de calcaire du Jurassique supérieur. Le village de Suzette, qui ne comprend que quelques maisons et une petite église, est édifié, partie sur le Burdigalien, partie sur les cargneules. Ici, le Burdigalien est en place, et non plus éboulé ; il se relie sans discontinuité au lambeau qui forme le sommet dit Pyramide de Saint-Amand ; il repose sur les cargneules, à Suzette même et au Nord-Nord-Ouest de Suzette, tandis que, plus à l'Ouest, il repose sur l'Oxfordien ou sur le Jurassique supérieur.

Du haut de l'éminence qui porte le village de Suzette (point 421 de la Carte), nous promenons nos regards sur un admirable panorama¹. A l'Ouest, voici les *dentelles* de Gigondas, qui

1. Lire, au C.R.S. (1923), p. 165, le rappel, par M. Kilian, de l'œuvre de Léonhardt.

sont trois barres de Portlandien vertical dressées comme des murs et crénelées par l'érosion ; entre elles sont des combes étroites, emplies de forêts ou de bois taillis, où l'on devine le passage de synclinaux infra-crétacés ; au Sud et à l'Est, signalé de loin aux yeux par ses terres jaunes, le Trias couvre une aire très vaste, où se creusent de profonds ravins ; il s'étale, indifféremment, sur l'Oxfordien aux terres noires et sur l'Oligocène aux terres blanches, mais il est dominé, tout au Sud, par le Portlandien de la Roque-Alric qui surgit brusquement, à la façon d'un dôme, entre les cargneules triasiques et les marnes néocomiennes ; en arrière de la coupole portlandienne, le Barrémien, très rocheux et très blanc, forme une muraille discontinue, coupée d'étroites échancrures, et, par cette muraille, le massif de Gigondas se rattache, visiblement, à l'immense Ventoux ; une ruine imposante, le château du Barroux, posé sur l'affleurement barrémien, met une note humaine dans le beau concert des visions et des évocations géologiques ; le Burdigalien forme, autour du chaos des plis du Secondaire et de l'Éogène, un rempart ébréché, par delà lequel la vue s'étend, à l'infini semble-t-il, sur les plaines du Rhône ; mais voici tout près de nous, au Nord, un lambeau de ce même Burdigalien, qui trône tout au haut du massif de Gigondas, témoin de la voûte de mollasse marine qui a couvert jadis ce massif ; au-dessus de cela, au-dessus du Ventoux, au-dessus des plaines, le ciel s'arrondit, voûte plus large et plus haute, inaccessible à l'érosion, le ciel splendide où dérivent, sous le vent d'Ouest, de grands nuages sombres, aux bords dorés.

On se remet en route, et par un chemin qu'allongent les ravins et les promontoires, on se dirige vers l'Est, vers Malau-cène. Tout en marchant et devisant, on observe les cargneules et leurs rapports avec les autres terrains. J'explique que le Trias *flotte*, ici, sur l'Oligocène ; que la preuve décisive en est dans l'apparition de cet Oligocène en *fenêtre*, sous le Trias, au fond de l'un des ravins, fenêtre bien indiquée sur la carte géologique ; que l'épaisseur du manteau de cargneules peut aller à 100 m. Je montre de loin le point où j'ai trouvé dans les cargneules, presque partout broyées et qui sont, en somme, une gigantesque mylonite, un morceau de quartzite blanc, à grain très fin, en forme de plaquette de 5 cent. d'épaisseur, contenant de petits lits de séricite et des cristaux microscopiques de tourmaline ; et je rappelle que ce quartzite m'a fait songer aux quartzites du Trias de la Vanoise ou de la Haute-Ubaye, c'est-à-dire à un Trias briançonnais, déjà un peu métamorphique, par conséquent très oriental.

Au ravin de la Font-du-Buis, nous trouvons le Portlandien, à peu près vertical, prolongement de la plus septentrionale des *dentelles* de Gigondas. Les cargneules viennent toucher ce Portlandien. Un peu plus loin vers l'Est, le Portlandien cesse d'être vertical ; il plonge au Sud, sous l'Oligocène ; parfois on rencontre un lambeau de Valanginien entre l'Oligocène et le Jurassique supérieur. Sur le chemin même, non loin du col par où nous allons pénétrer dans le bassin de Malaucène, un dernier témoin de Trias se montre, qui ne mesure que quelques mètres carrés de superficie, mais qui a une grande importance géologique ; car ce témoin est posé sur les calcaires portlandiens. C'est un morceau de la nappe triasique ; et l'on voit très bien, d'ici, que cette nappe couvre indifféremment l'Oligocène et le Jurassique, tandis qu'elle-même, entre Suzette et la Pyramide de Saint-Amand, est couverte par le Burdigalien.

Au col, près de la maison Fabre, nous touchons l'Oligocène qui se présente en bancs très redressés, dirigés Nord-Nord-Ouest et plongeant de 70 degrés vers Ouest-Sud-Ouest. Tout près de là affleure le Burdigalien, bord du bassin mollassique de Malaucène : ce Burdigalien plonge à l'Est, d'environ 40 degrés semble-t-il. Bien qu'on ne voie pas le contact des deux terrains, leur discordance, ici, n'est pas douteuse ; elle paraît être d'environ 60 degrés. L'Oligocène présente sur ce point une alternance de calcaires blancs, en plaquettes assez minces, et de grès fins, blancs et roses, micacés. Plus loin, vers le Sud-Est, on y a exploité du gypse ; des argiles, blanches, rouges, roses, vertes, apparaissent çà et là, séparant calcaires et grès. Nous retrouvons sans peine, tout près du col, sur le chemin quasi-horizontal qui qui va au Sud, le gisement fossilifère découvert en 1921 par M. Joleaud¹.

Enfin, abandonnant pour quelques heures les nombreuses énigmes du massif de Gigondas, traversant le Burdigalien, puis pénétrant dans les marnes helvétiques graduellement raplanies, nous descendons à Malaucène, où le déjeuner est préparé. Un long repos, un gai repas font oublier la fatigue et ne laissent survivre que les impressions fortes, les pensées fécondes et les joyeux souvenirs.

A 3 heures de l'après-midi, nous reprenons nos cars automobiles, et nous partons pour faire le tour complet du massif de

1. Voir au C.R. S. (1923), p. 170, la communication de M. Depéret au sujet des fossiles récoltés. La conclusion de M. Depéret est que ce gisement serait placé à un niveau assez bas du Rupélien, et non dans le Chattien.

Gigondas, en passant par Beaumes, Vacqueyras, Sablet et Vaison. Un court arrêt, près du col par où nous sortons du bassin miocène, nous permet de voir trois lambeaux de Trias, séparés, par l'érosion, du grand manteau triasique de Suzette : le premier a l'air de flotter sur la limite de l'Oxfordien et de l'Oligocène ; le second semble posé sur un affleurement de Berriasien ; le troisième repose sur l'Oligocène et n'est séparé du grand témoin de la nappe que par le vallon où passe la route. Puis, voici le défilé du Barroux, creusé dans le Néocomien très plissé ; à notre droite, posée sur les calcaires barrémiens, voici la ruine grandiose du château qui commandait le passage et dominait magnifiquement la plaine. Nous rentrons dans le pays de mollasse traversé le matin et nous y restons jusqu'à Vacqueyras.

Un long arrêt, près de Vacqueyras, sur le bord nord de ce pays mollassique, c'est-à-dire sur le bord sud du massif de Gigondas, nous permet d'étudier la série éocène-oligocène et de voir, jetée sur elle en discordance, la nappe triasique. Près de l'Établissement des bains de Montmirail, nous voyons le contact du Burdigalien et de l'Oligocène, verticaux l'un et l'autre et concordants, comme nous les avons vus ce matin au Moulin de Mitré. Une eau salée purgative sort, à peu de distance de l'Établissement, du terrain oligocène ; c'est elle que l'on exploite et que l'on vend, en bouteilles, sous le nom d'eau de Montmirail.

La série éocène-oligocène affleure en de nombreux points des croupes boisées qui montent vers les *dentelles*, et elle est creusée d'un ravin profond et étroit au débouché duquel est l'ancien établissement des Petites-Eaux, et sur la rive droite duquel s'ouvre la grotte dite de l'Eau-Verte. On observe, ainsi, que cette série, formée de couches uniformément verticales et dirigées à peu près Est-Ouest, n'a pas moins de 1200 m. de puissance : c'est une alternance, bien des fois répétée, de calcaires blancs en plaquettes contenant en abondance des silex noirs, de marnès roses, grises ou vertes, de petits bancs de gypse, de grès micacés et friables, rouges, roses ou gris, enfin de poudingues. Il y aussi des calcaires cariés. La plupart des calcaires sont fétides sous le choc. L'analogie pétrographique est frappante, avec la série que l'on observe à l'est de Suzette, où Léonhardt a signalé *Planorbis pseudo-ammonius*, et où nous avons, aujourd'hui même, récolté une faune rupélienne. Il est donc bien probable que nous avons affaire à une série continue, d'origine semi-lacustre, semi-lagunaire, allant, du Lutétien,

tout au moins jusqu'au Rupélien, peut-être même jusqu'au Chattien¹.

Sur cette série verticale, les cargneules du Trias forment un manteau horizontal, discordant. Cela se voit très bien des hauteurs boisées qui dominent, à l'Ouest, le ravin des Petites-Eaux et de l'Eau-Verte. L'allure de nappe n'est pas contestable. A la source de l'Eau-Verte, les cargneules descendent jusqu'au fond du ravin, le traversent et s'étalent sur le plateau au-dessus de sa rive droite. La source elle-même semble sortir d'une masse de gypse qui est située immédiatement sous les cargneules triasiques. Le point reste douteux de savoir si ce gypse appartient au Trias, ou s'il fait partie de la série oligocène sous-jacente. Dans le ravin, quand on a traversé la bande de cargneules, on trouve les marnes noires de l'Oxfordien, dominées à droite par une sorte de promontoire portlandien. Les rapports du Trias avec ces terrains jurassiques ne sont pas clairs ; mais si l'on franchit l'affleurement portlandien en marchant vers l'Est, on retrouve, au delà, l'Oxfordien et, flottant sur lui, comme entre Lafare et Suzette, la nappe des cargneules.

Sur la carte géologique, les cargneules sont marquées du symbole e¹⁻³. Dans cette région de Vacqueyras, les contours de la nappe sont à modifier ; elle ne s'avance guère au delà du ravin de l'Eau-Verte, et c'est à la série éocène-oligocène qu'il y a lieu d'attribuer la vaste bande de terrain, large d'un km. et longue de près de quatre, où Léonhardt a cru voir des cargneules et où il n'y a, en réalité, que des calcaires blancs et des grès versicolores. Par contre, Léonhardt a très bien vu le

1. M. P. Jodot présente l'observation suivante :

Après avoir quitté les voitures à la station d'eau minérale de Montmirail près de Vacqueyras, la Société, pour aller examiner le contact de la nappe de Suzette, traversa d'abord une série de formations rapportées à l'Oligocène sur la Carte géologique.

Dans un marno-calcaire de couleur gris-clair compris dans cette série, M. Jodot a eu la chance de récolter quelques empreintes de gastropodes très écrasés et à peine reconnaissables. Le point fossilifère se trouve à peu de distance de l'endroit où, avant de quitter les vignes, le chemin pénètre dans les bois (chemin de l'Eau-Verte).

L'empreinte la mieux conservée, à l'état de moulage, laisse voir, sur une dizaine de tours, les stries d'accroissement sinueuses, les cordons spiraux et les tubercules très émoussés d'un *Melanoides*. Il ne serait donc pas impossible que ce fossile appartienne à *Melanoides albigensis* NOULET var. *Dumasi* FONT., signalé dans la légende de la feuille d'Orange.

Les autres empreintes sont tellement frustes qu'il est malaisé de préciser les genres auxquels il convient de les rapporter : ce sont ou des *Potamides* à peine ornés, ou plus vraisemblablement des *Eumelania*.

La présence de fossiles, dans cette série oligocène, est donc certaine ; il sera intéressant de rechercher de meilleurs échantillons en vue de préciser les niveaux.

retour des cargneules près de Gigondas, sous la forme d'un affleurement très étroit, pincé dans le Jurassique ou l'Infracrétacé et venant même toucher, sur un point, le Burdigalien, lequel est d'ailleurs renversé et plonge sous le Trias.

La course s'achève par un rapide transport en automobile. Nous voyons, en passant, le bord du massif de Gigondas qui domine le pays de la mollasse ; celle-ci, renversée près de Gigondas, est verticale à Séguret : elle se raplanit ensuite et, près de Vaison, le massif secondaire plonge doucement sous le Burdigalien. Il est presque nuit quand nous traversons Vaison, tout à fait nuit quand nous arrivons à Malaucène.

LE TRIAS DE MÉRINDOL ET DE PROPIAC

Excursion du 18 septembre

PAR **Pierre Termier.**

Entre Vaison, où le massif de terrains secondaires de Gigondas s'envoie sous le Miocène, et Mérindol, où un autre anticli-

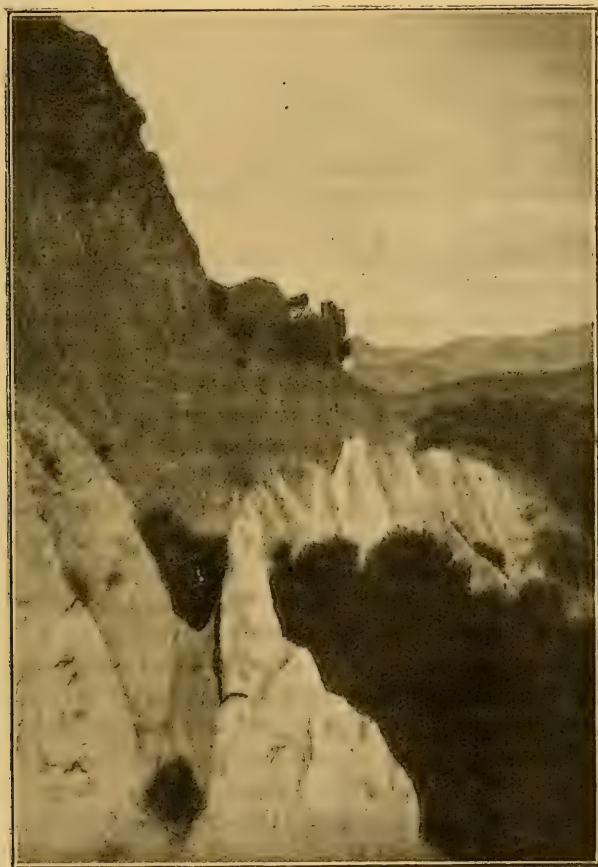


FIG. 10. — CONTACT VERTICAL DU TRIAS (à gauche, teinte grise)
ET DE L'HELVÉTIEN (à droite, teinte claire) AU COL DE PROPIAC.

nal du système des plis post-helvétiques fait surgir de nouveau les terrains secondaires, s'étend un pays de mollasse quasi-

horizontale. Nous avons quitté Malaucène à sept heures du matin. Il est maintenant neuf heures. Nous sommes un peu à l'est du vieux village de Mérindol, sur un col où nous allons laisser nos voitures. Et voici, tout près de nous, les cargneules du Trias, toutes semblables à celles de Suzette, qui, brusquement, apparaissent dans la déchirure du manteau miocène.

Le contact est vertical. Dans ce contact, le Burdigalien manque, et ce sont les marnes helvétiques qui sont plaquées contre les cargneules. Mais, quand on suit le contact vers l'Ouest, en montant vers Mérindol, on voit bientôt s'y intercaler une lame de Burdigalien, une autre, très mince, de Kiméridgien, enfin une troisième, rapidement élargie, de marnes noires, calloviennes ou oxfordiennes. De même, quand on suit vers l'Est, en descendant sur l'Établissement de Propiac, le même contact Helvétien-Trias, on ne tarde pas à voir s'y insérer le Burdigalien, et ensuite le Callovien. Le col où nous quittons les voitures correspond donc au maximum d'étiement sur le bord méridional de l'anticlinal post-helvétien.

Nous montons à Mérindol. Le vieux village, maintenant abandonné et tombant en ruines, est posé sur la tranche des lames verticales de Burdigalien et de Kiméridgien. Le versant nord de la butte est occupé par les marnes noires. Plus au Nord, s'étend le Trias, qui forme la montagne d'Auzière. Nous suivons un chemin, presque horizontal, qui va vers le Pas de Maneyrolle en traversant, dans sa longueur, le lambeau de Trias. C'est sur ce chemin que se trouve le gisement fossilifère découvert en 1920 par M. Joleaud. De nouveaux et meilleurs fossiles y sont bientôt récoltés, qui précisent l'âge : les calcaires jaunâtres, en fines plaquettes, qui les contiennent, sont du Muschelkalk certain ¹.

Ces calcaires en plaquettes ont une allure confuse. Autour d'eux, il y a surtout des cargneules, souvent mylonitiques, où toute allure a disparu. On voit aussi, avec les cargneules, affleurer des calcaires très massifs et très durs, d'un gris sombre ou même noirs dans la cassure, patinés de blanc ou de gris clair. Mais les cargneules sont largement prépondérantes. Elles ont habituellement, ici comme à Suzette, une couleur jaune, un aspect ruiniforme, âpre et sauvage ; elles sont couvertes de broussailles ou de bois taillis. Il n'y a, dans ce lambeau triasique d'Auzière, ni argiles, ni gypse, ni grès.

Contournant Auzière par le Sud, nous venons sur le versant oriental, qui domine le profond vallon de Propiac. On a exploité

1. Voir au C. R. S. (1923), p. 171, la note de MM. Depéret et Haug sur ce gisement fossilifère.

quelques centaines de tonnes de calamine dans des calcaires séquaniens presque verticaux qui affleurent sous le Trias ; et l'on voit encore les ouvertures de trois galeries superposées. Le chemin bien tracé qui desservait autrefois la mine nous offre de très beaux points de vue. Sur l'un de ces belvédères, groupant autour de moi tous mes confrères, j'expose brièvement ce que je sais aujourd'hui des rapports du Trias de Propiac et des autres terrains, et je parle du problème chimique soulevé par ce même Trias. Il y a ici deux problèmes à résoudre : l'un, d'ordre tectonique ; l'autre, d'ordre chimique.

En ce qui concerne la question tectonique, voici les faits.

Le lambeau triasique d'Auzière surmonte nettement le Callovien dans le cirque où se développent les lacets de la route de Propiac ; quand on le regarde du village de Propiac, il se présente comme un lambeau de recouvrement posé sur le Callovien ; et, quand on vient de Suzette, on croit y voir un nouveau témoin de la nappe de Suzette.

Mais ce lambeau a une forme allongée. Dans le système des plis post-helvétiques, il correspond à un anticlinal qui, de direction Est-Ouest à Mérindol, tourne peu à peu d'une centaine de degrés, devient Sud-Nord au-dessus de Bénivay, puis s'oriente Nord-Nord-Est au Pas de Maneyrolle. Le bord externe de cet arc de Trias est formé par un contact vertical, ou quasi-vertical : celui-là même que nous avons vu à Mérindol. Le bord interne (à l'est d'Auzière) est fait d'un contact renversé : au-dessus de Bénivay, la mollasse s'enfonce sous le Trias ; à la mine de zinc d'Auzière, c'est une série de lames jurassiques et infra-crétacées qui vont, de même, se cacher sous les cargneules. Ces faits peuvent s'interpréter : soit par l'hypothèse d'une nappe triasique pincée en synclinal dans le Jurassique ou l'Infra-crétacé, antérieurement à la transgression burdigalienne ; soit par l'hypothèse d'un *jaillissement* du Trias, par une sorte de hernie crevant le Jurassique, jaillissement contemporain du plissement post-helvétique et extravasant les cargneules entre les terrains secondaires et le manteau de mollasse qui les couvrait.

Entre Propiac et le Buis, Léonhardt a, sur la feuille *Le Buis* de la Carte géologique, marqué une douzaine de petits témoins de sa *formation de Suzette*, assimilés par lui à la grande masse de la montagne d'Auzière. J'ai vu tous ces témoins. *Un seul* est du Trias incontestable : c'est celui qui affleure près de la maison dite la Gipièrre, au sud de la Serre-des-Gipièrres. Tous les autres sont, dans le Callovien ou l'Oxfordien, de simples manières d'être,

de simples accidents de faciès, résultant de ce que j'appellerai dans un instant la *maladie* du Callovien et de l'Oxfordien au voisinage du Trias.

A la Gipièrre, le Trias, fait de gypse, d'argiles grises, de calcaires gris et de cargneules, se présente en un affleurement elliptique long de 200 ou 300 m., large de 30 ou 40, entre les marnes grises oxfordiennes, friables et inconsistantes, et les calcschistes noirs en plaquettes du Callovien. C'est, en somme, une lentille de Trias, plongeant au Nord, d'abord faiblement, puis très vite beaucoup plus fortement, entre le Callovien qui la surmonte et l'Oxfordien qui la supporte. Rien ne dit si c'est un synclinal d'une nappé, ou un anticlinal, violemment forcé, faisant *jaillir* le Trias autochtone. Léénhardt a interprété comme le prolongement de cette lentille un affleurement de calcaires bruns, *jouant les cargneules*, un peu plus loin à l'Est, sur le versant nord du Roc-Rond ; mais je n'ai rien vu, là, qui eût un caractère triasique certain. En tout cas, si l'accident qui amène le Trias à la Gipièrre se prolonge vers l'Est, ce qui est fort possible, et même vraisemblable, l'affleurement triasique est certainement discontinu.

Pas plus qu'Auzière, la Gipièrre ne résout définitivement le problème tectonique. Le Buis, Propiac, Auzière, sont sur le même anticlinal du plissement post-helvétien ; la Gipièrre est sur le bord sud de cet anticlinal, tout comme Mérindol ; elle souligne donc la liaison des affleurements triasiques avec les zones anticlinales, liaison sur laquelle mon ami M. Kilian a eu grandement raison d'insister.

En ce qui concerne le problème chimique, voici les faits que j'ai observés.

Sur beaucoup de points de la région déprimée comprise entre Propiac et le Buis, le Callovo-oxfordien présente une manière d'être spéciale ; ce sont les points désignés, sur la Carte géologique, comme *formation de Suzette* ; mais il y en a, en réalité, beaucoup plus que Léénhardt n'en a mis. On y distingue trois choses différentes.

Ou bien des calcaires ferrugineux, à patine rouge, brune ou jaune, simulant la cargneule, formant des *blocs* de forme quelconque, parfois vaguement arrondis, logés au milieu des schistes callovo-oxfordiens, enveloppés par ces schistes qui, autour d'eux, sont violemment plissés, ou coupant leur stratification ; tels sont les blocs, très nombreux (certainement plus de 50), que l'on voit près de l'Ouvèze, de part et d'autre de l'entrée de la route de Propiac ; quelques-uns sont petits (par exemple, 0 m. 50 de plus

grande dimension) ; d'autres dépassent le mètre cube ; l'un d'eux mesure 8 ou 10 mètres cubes ; il y en a au sommet des deux petites collines rondes qui dominant, de chaque côté, l'entrée de la route de Propiac ; il y en a aussi tout en bas, près de cette route ou près du ruisseau ; la traînée des blocs rouges ou bruns va presque jusqu'à l'arrivée du chemin qui descend du Flachier ; j'ai d'abord été tenté de considérer ces blocs comme des débris de la nappe de Suzette mécaniquement enrobés dans les schistes jurassiques ; mais cette impression n'a pas duré.

Ou bien des *lits* ou des *lentilles* de calcaire ferrugineux, souvent en plaquettes, intercalés dans les schistes callovo-oxfordiens et qui, parfois, *passent latéralement* à des calcaires ou à des schistes gris du type ordinaire ; tels sont les bancs rouges et bruns de la Jalaye, ceux du confluent des ravins à 1 km. plus au Nord, et ceux de la route de Beauvoisin ; leurs débris sont souvent identiques à ceux des blocs du premier genre, sauf quand ils se divisent en plaquettes ; j'y ai trouvé, plusieurs fois, des fossiles, en particulier des *Posidonomya* près de la route de Beauvoisin ; c'est du Callovien ou de l'Oxfordien incontestable, parfois tellement rouge que les cailloux roulés qui en proviennent, dans le lit des torrents, ont l'aspect extérieur d'un caillou de grès permien.

Ou bien, enfin, des *filons*, discontinus et zigzagants, coupant les schistes jurassiques ; cela se voit bien dans les tranchées de la route, un peu au sud-est du col d'où se détache la route des Jonchiers ; il y a de petits filons d'un calcaire gris foncé *brunissant* ; et quelques-uns assez gros, jusqu'à 0 m. 30 d'ouverture, donnant alors des blocs très semblables à ceux de la première catégorie.

Les trois catégories semblent se mêler et devenir extrêmement abondantes, dans le Callovien schisteux, au nord du Flachier : les talus des ravins sont alors colorés en jaune, et les cailloux entassés dans les murs sont en majorité des blocs bruns, jaunes ou rouges. Mais, nulle part, on ne voit de vraie cargneule. Ce sont des calcaires chargés de sidérose, brunissants ou rougissants.

En somme, il s'agit d'une transformation locale et sporadique du Callovien et de l'Oxfordien, d'une sorte de *maladie* par apport du carbonate de fer, maladie qui donne aux pierres la ressemblance avec les cargneules triasiques, et qui paraît, dans la région de Propiac et du Buis, liée d'une certaine façon avec le Trias.

Pour Léonhardt, c'est du Callovo-oxfordien modifié par une cause chimique ; la même cause chimique qui, agissant sur un

immense volume de roches et agissant plus énergiquement, a fait les grands amas de cargneules d'Auzière et de Suzette. Léenhardt en cherche l'origine dans le Trias profond, et, pour lui, la cause a agi *per ascensum*.

Pour moi, la maladie a été développée par les eaux qui ont traversé les grands paquets de Trias étalés — quelle que soit la cause de cet étalement — sur les schistes jurassiques ; et ces eaux empoisonnées par le Trias ont agi sur le Jurassique *per descensum*.

C'est, pour moi, à un phénomène du même ordre que sont dus les gîtes de plomb, de zinc, de strontium et de baryum, qui abondent dans le département de la Drôme. A Condorcet, où le Trias se présente en lambeaux flottant sur le Callovien, on exploite, ou l'on a exploité, dans les schistes jurassiques, des filons de célestine et de barytine, et d'autres de blende et de galène, qui, manifestement, viennent, *per descensum*, de la nappe triasique, de laquelle sort, actuellement encore, une source salée. A Auzière, la calamine que l'on a trouvée dans une cassure du Séquanien et qui s'est arrêtée très vite en profondeur, se rattache, non moins manifestement, à la nappe triasique qui surmonte ce Séquanien ; et c'est de la même nappe que semblent venir aussi les sources salées de Propiac. Les nombreux gîtes de calamine de la Drôme (dont les plus importants ont été ceux de Menglon, près de Châtillon-en-Diois, et de Brette, près de Saint-Nazaire-le-Désert) ont tous été remplis *per descensum* : je les attribue tous à l'action d'eaux faiblement minéralisées, descendues d'une nappe triasique unique (nappe de Suzette), ou de lambeaux triasiques analogues entre eux, mais de racines différentes, en tout cas descendues d'un Trias qui flottait autrefois sur le Jurassique et dont l'érosion n'a laissé subsister aucun témoin. Un fait bien curieux est la localisation de tous ces gîtes calaminaires dans le Séquanien. Il n'y a que les calcaires du Séquanien qui aient eu, dans la Drôme et dans la région immédiatement voisine du département des Hautes-Alpes, la composition chimique voulue pour la précipitation du carbonate de zinc. Lorsque, comme à Menglon, la cassure qui contient le gîte sort du Séquanien et pénètre dans le Kiméridgien ou le Portlandien, elle devient tout aussitôt stérile.

J'ajoute, pour terminer cet exposé du problème chimique, que la *maladie* du Callovo-oxfordien, si largement développée à Propiac et au Buis, disparaît, ou s'atténue beaucoup, ailleurs. Je ne l'ai observée, ni dans le massif de Gigondas, ni dans les environs de Condorcet, ni dans ceux de Laragne.

Il faut s'arracher à la méditation de ces énigmes. Nous descendons à l'Établissement des eaux de Propiac. C'est là que, pour la dernière fois, nous serons réunis, à la même table.

Au dessert, M. Ch. Jacob se lève et, pour remercier les conducteurs de l'excursion, prononce le toast éloquent que l'on va lire. Je répons par quelques paroles. Puis, nous tenons, dans la grande salle de l'hôtel, la séance, résumée au *Compte Rendu sommaire*, à la fin de laquelle je déclare close la Réunion, la belle Réunion extraordinaire de 1923.

Maintenant, nous reprenons, au col où nous les avons laissés ce matin, nos cars automobiles. En route pour Vaison, Orange, Avignon ! Le jour, orageux tout à l'heure, finit de façon glorieuse. Le ciel est si beau, le Ventoux si majestueux, les *dentelles* de Gigondas si gracieuses et si légères, la plaine, où nous roulons rapidement, si riante et d'aspect si prospère, que nous nous taisons, livrés tout entiers à l'admiration, attristés peut-être, aussi, par la pensée des prochains adieux, après ces bonnes journées de travail en commun et de discussion fraternelle.

TOAST PORTÉ AU DÉJEUNER DE PROPIAC AVANT LA SÉANCE DE CLÔTURE LE 18 SEPTEMBRE 1923

PAR M. Ch. Jacob.

MES CHERS CONFRÈRES. — Notre Président nous avertit que dans quelques minutes s'ouvrira la Séance de clôture de la Réunion extraordinaire. Il s'y échangera sans doute des propos sérieux, des propos qui seront au moins considérés comme tels par ceux qui les tiendront. Peut-être la chaleur communicative de cette fin d'un déjeuner cordial est-elle plus propice que la séance elle-même à l'expression des sentiments reconnaissants que plusieurs d'entre vous ont désirée.

Pour remercier, pour louer notre Président, M. Pierre Termier, j'userai d'un artifice. J'évoquerai la troupe des géologues en marche, non simplement la nôtre, mais celle de tous les géologues ; et je parlerai de « caravane », suivant le terme expressif adopté par le poète pour un groupe tel qu'une nation et même pour toute l'humanité. Dans sa progression un peu confuse, la caravane dispose de ses éclaireurs et de ses serre-file ; elle possède aussi ses Rois-Mages : ceux que conduisent les idées, ceux que guident les étoiles. Vous êtes un peu notre Roi-Mage, mon Cher Maître, et votre pensée s'attache de préférence à nos plus magnifiques problèmes. Sans parler de votre rôle éminent dans la Synthèse des Alpes, voici que depuis quelque temps les projecteurs dirigés par vos soins ont exploré la bordure antéstéphanienne du Bassin de Saint-Étienne et que, fouillant la vallée du Rhône, ils se sont arrêtés sur les confins du Plateau Central, de la Provence et des Alpes. Vous aviez convié la Réunion extraordinaire à venir contempler le spectacle et vous avez accepté, provoqué même nos critiques ; car, si vous êtes un Roi-Mage, vous n'en recherchez pas moins tous les avis possibles sur la route et vous réclamez hautement le contrôle des théories que vous acceptez. La Société Géologique a largement répondu à votre appel. Nombreux ont été vos auditeurs. Vivantes, variées et convaincues furent les discussions sur le terrain. Peut-être, au sein du groupe, avez-vous remarqué chez quelque confrère plus jeune que vous, qui excuse son Saint comme il peut, certain ton doctoral et péremptoire ? Vous en avez souri. Qui n'arbore plus ou moins les qualités et les défauts, l'uniforme ou la toge, de son métier ! Important surtout le travail et la sincérité, et aussi la courtoisie, dont, sous votre présidence, aucun débat ne saurait se départir.

Cher confrère Thiéry, géologue professionnel, que nous savions aussi échinologiste à vos heures, mais qui vous êtes révélé un « rude géologue », avez-vous senti le chaud courant de sympathie qui s'est

élevé progressivement suivant vos contours de la feuille d'Alais ? Certes, nous avons discuté la multiplicité des lignes trop noires ; nous serons aussi appelés à défendre les Causses tabulaires contre votre ardeur de chevauchement et d'étirement. Mais ce sont là détails où vous a porté la région étudiée avec votre enthousiasme. Au nom de vos Confrères réunis ici, je suis heureux de vous signifier toute notre amicale admiration.

M. Paul Bertrand, vous avez jeté sur notre passage des végétaux ; je n'ose dire des fleurs ; tout au plus faudrait-il parler de fougères... à graines. Nous connaissons votre odyssee récente, qui a débuté à Saint-Étienne, chez M. Georges Friedel, chassé que vous étiez de Lille par l'ennemi. Puis ce fut le bassin du Gard. Vous revenez à Lille. Vous pénétrez dans la Sarre. Et, à chacune de vos étapes, la stratigraphie de la houille s'est enrichie de données nouvelles. Pauvre houille ! Est-elle définitivement autochtone ? Et n'aurons-nous pour en disjoindre les végétaux, pour en expliquer la structure parfois clastique, que la ressource de la « mylonitiser » elle-aussi ; et nous faudra-t-il invoquer des charriages comme ceux du Gard, à propos desquels la Paléobotanique et la Tectonique ont contracté une nouvelle et brillante association ?

Pour compléter l'appel des dirigeants ou des promoteurs de la Réunion extraordinaire, je devrais citer à comparaître M. Georges Friedel, dont nous avons regretté l'absence, et aussi notre confrère Joleaud. Mais celui-ci a adopté de nous parler par T.S.F., après nous avoir faussé compagnie au profit d'une mission à Madagascar. Qui oserait l'en blâmer ? Il ne faut point être soit même monté sur un paquebot et conserver la nostalgie des grands voyages, « fuyant le port qui diminue », pour ne pas comprendre que l'homme du Trias de Méridol ait abandonné Suzette et saisi l'occasion d'aller explorer un coin de notre magnifique empire colonial.

Mes chers Confrères, avec MM. Pierre Termier, Thiéry, Paul Bertrand, G. Friedel et Joleaud, quelle diversité d'origines et de disciplines parmi nos conducteurs d'aujourd'hui ! Mais quelle diversité plus grande encore si l'on fait le tour des tables de ce déjeuner ! Nos Maîtres de l'Académie des Sciences ici présents, M. Depéret, M. Haug et M. Kilian conservant leur préséance, me permettront d'envisager le groupe sous son aspect professionnel et géographique. Je vois des Professeurs, représentant Lille, Dijon, Nancy, Strasbourg, — l'Alsace en groupe compact ! — Paris, Lyon, Grenoble, Montpellier et autres de nos centres scientifiques provinciaux... Des Ingénieurs sont venus de l'École des Mines de Paris et de celle de Saint-Étienne. L'assemblée se panache aussi des Amateurs, les Mécènes de nos collections. Nous y comptons des collègues étrangers : M. Serradel nous a apporté le salut de la Catalogne. Nous n'aurions garde d'oublier M. Maurice Lugeon, venu à notre départ nous donner l'encouragement joyeux de sa jeunesse, irréductible jusqu'au faite des plus légitimes honneurs.

Quelle noble place dans la « caravane » peut briguer avec vous la

Société géologique de France! Quel beau cortège vous avez tenu à fournir au Directeur de notre Service géologique !

Messieurs, je lève ma coupe de rustique vin de Provence, ou, pour parler le langage plus simple, pratiqué en d'autres temps et en d'autres lieux, je bois un verre de « pinard » à la santé de M. Pierre Termier, Président de la Réunion extraordinaire, et aux destinées glorieuses de la Géologie Française.

SUR LA POSITION TECTONIQUE ET SUR L'ORIGINE DES LIMBES VISITÉS DE LA FORMATION DE SUZETTE

PAR **Ch. Jacob.**

La Société a visité deux limbes de la Formation de Suzette, dont l'âge triasique est devenu indiscutable à la suite de la découverte fondamentale des fossiles de Mérindol; ce sont respectivement le limbe de Suzette et celui du Nord-Ouest de Propiac. Pour tous deux, le repos au Nord sur les termes les plus variés du Jurassique supérieur a été constaté ou tout au moins aperçu à distance par les participants de l'excursion; tandis qu'au Sud de chacun des limbes, il y a peut-être à demander quelque complément d'information, dont la portée pourrait être capitale.

Le limbe de Suzette repose manifestement au Nord sur le massif de Gigondas. Mais au Sud, reste en suspens l'importante question de ses rapports avec le massif jurassique de la Roque-Alric, auquel fait suite le Néocomien de Le Barroux. Ce Néocomien, très disloqué, ainsi que la Société a pu l'entrevoir durant la rapide traversée en automobile dans la soirée du 17 septembre, est lui-même revêtu au S par des calcaires aptiens, dont on connaît la singulière fortune plus à l'Est dans l'admirable plan incliné méridional du chaînon Ventoux-Lure. Si bien que l'étude des rapports avec la Roque-Alric pourrait entraîner par voie de conséquence les relations avec Ventoux-Lure et apporter une indication quant à l'origine alpine ou provençale de Suzette.

La Société n'a eu quant à elle l'occasion d'attacher son attention au bord méridional du limbe de Suzette que sur deux points. Le premier, situé entre les villages de Beaumes et de Lafare, montre, sous la mollasse burdigalienne, de l'Oligocène gypsifère vertical, auquel font suite vers le Nord les cargneules de Suzette dans une position peu claire. Le second point, placé du reste dans la prolongation du premier, correspond à la région de Montmirail. Là, observations plus intéressantes: sous le Burdigalien, vient encore l'Oligocène, assez disloqué, mais plongeant toujours dans l'ensemble à peu près verticalement au Sud-Ouest; puis, en remontant vers le Nord, on atteint les cargneules, qui, dans le ravin situé à l'Est de la « Source Verte », sont verticales et supportent en concordance les mêmes couches

oligocènes ; au delà, à quelques centaines de mètres au Nord, les cargneules reposent sur le Jurassique du Massif de Gigondas. Cette position des cargneules *entre l'Oligocène de Montmirail et le Jurassique de Gigondas* n'est pas contradictoire avec une origine méridionale, dans une tectonique post-oligocène et anté-burdigalienne, pour le lambeau de Suzette.

Quant à Propiac, les relations sont beaucoup moins claires. Tout ce que la Société a pu voir au Sud, c'est, au-dessus des Bains de Propiac, l'intercalation des cargneules entre le Burdigalien et les terres noires du Callovien, intercalation qui n'apporte aucune lumière sur l'allure des mouvements anté-miocènes.

Relativement à l'origine méridionale possible du Trias de Suzette peut être invoquée l'analogie avec le Trias provençal, analogie constatée par ceux de nos confrères, MM. Haug, Depéret et Kilian, dont la compétence est particulière en la matière, alors que les affinités alpines paraissent moins évidentes.

Enfin, la juxtaposition des cartes géologiques de la région de Suzette avec celles d'Alais fournit une dernière remarque. La ligne Ventoux-Lure, surtout si après sa terminaison occidentale on l'incurve vers le Sud-Ouest suivant l'indication donnée par le Massif de Gigondas, ramène à la ligne Roquemaure-Remoulins-Nîmes... et paraît, elle aussi, s'emboîter dans le système provençal.

Il serait dangereux de pousser plus avant ces réflexions en l'état actuel des connaissances. Néanmoins peut-être faudra-t-il les prendre en considération dans les travaux que ne peut manquer de provoquer la Réunion extraordinaire.

Pour conclure, et traduisant non seulement une opinion personnelle, mais aussi celle qui se dégage soit des communications, soit simplement des propos de plusieurs de nos confrères, je me demande si l'excursion tout entière, depuis Alais jusqu'à Suzette, ne s'est pas développée dans le domaine tectonique provençal plutôt que dans le système alpin.

AU SUJET DE LA TECTONIQUE DE LA « FORMATION DE SUZETTE »

PAR **M. Gignoux.**

1^o Tous les problèmes tectoniques posés à propos de la « formation de Suzette » tiennent à la présence d'affleurements de Trias ; si on faisait abstraction de ce Trias, on n'aurait que des dislocations locales de type ordinaire ; ou alors il faut concevoir une nappe qui aurait ainsi « sélectionné » le seul Trias pour venir troubler une région par ailleurs assez tranquille.

2^o Comme l'a fait remarquer M. W. Kilian, ce Trias est toujours au contact des terrains les plus anciens connus dans la région (Bajocien-Oxfordien), et il y a eu étirement systématique du Lias.

Ce privilège singulier du Trias se retrouve d'ailleurs dans d'autres pays : il ne peut être attribué à la plasticité de ce terrain, caractère commun à beaucoup de formations des mêmes régions ; on ne peut guère invoquer que sa salinité (gypse, sel gemme, etc.) : car précisément ce privilège se retrouve pour toutes les formations salifères, quel que soit leur âge : — ce sont les dômes triasiques de l'Afrique du Nord, — ce sont les « mounds » de la Louisiane — ce sont les anticlinaux salifères de Roumanie, là où, comme à Baicoi et à Moreni, on se trouve en marge des nappes carpathiques : ici, le sel est d'âge discuté : permo-triasique pour Popescu-Voitesti, miocène pour l'École roumaine classique, oligocène pour MM. Léon Bertrand et L. Joleaud — ce sont les dômes salifères (eczèmes de Svant Arrhenius et Lachmann) de l'Allemagne du Nord ; dans ces anticlinaux de la chaîne saxonnienne, la formation salifère est permienne — etc.

Dans tous ces cas, il y a eu étirement, au voisinage de la surface, des terrains immédiatement supérieurs à la formation salifère, qui est dès lors recouverte, aux affleurements, d'un « chapeau » plus ou moins complexe de formations résiduelles (chapeau de gypse, chapeau d'argiles, brèches à blocs, etc.)¹.

Pour les grands affleurements comme ceux de Propiac, où le Muschelkalk lui-même vient en surface, ce sont évidemment des phénomènes tectoniques du type habituel (plis-failles, recouvre-

1. M. Termier nous a rappelé qu'on avait signalé dans la région des fossiles liasiques, bien que le Lias n'affleure nulle part à l'état de lambeaux reconnaissables. On pourrait admettre que ces fossiles proviennent de blocs « résiduels » isolés, restes des « chapeaux » des dômes triasiques.

ments) qui en sont responsables. Mais pour les innombrables petits pointements isolés (Montrond, vallée du Buech) où l'on voit de minuscules lambeaux de gypses et cargneules au milieu des terres-noires, ne pourrait-on penser à cette tectonique salifère spéciale ?

Au départ de nos raisonnements tectoniques habituels, il y a toujours la supposition que la surface topographique actuelle est découpée au hasard de l'érosion dans des masses structurales dont l'architecture est totalement indépendante de cette surface. Au contraire, dans la tectonique des terrains salifères, cette surface est, au moins pour les détails visibles de l'architecture, une surface « singulière » ; soit par elle-même, soit par l'influence du niveau hydrostatique présent ou passé, elle a modifié à son niveau cette architecture.

LE PROBLÈME TECTONIQUE DE SUZETTE

PAR **Pierre Termier.**

Je voudrais dire en peu de mots ce que je pense maintenant, après les observations que la Société a pu faire et après les discussions que ces observations ont provoquées, ce que je pense du problème tectonique de Suzette. Car le problème subsiste, et l'on ne peut encore le considérer comme résolu.

Ce problème, comme vient de nous le dire M. Gignoux, est posé par le seul Trias, par les lambeaux triasiques de Suzette, d'Auzière, de Montaulieu, de Condorcet, de la Gipièrre, de Montrond, d'Eyguians, de Lazer et d'Upaix. Composés de cargneules surtout, accessoirement de calcaires jaunes ou gris où l'on a trouvé, sur un point, la faune du Muschelkalk, renfermant aussi, mais très rarement, des argilès et du gypse, ces lambeaux triasiques se ressemblent entre eux à tel point que l'on ne peut pas douter de leur origine presque commune. Ils apparaissent aussi dans des conditions tectoniques anormales, et identiquement anormales, *flottant* très souvent sur le Callovien ou l'Oxfordien, flottant aussi (à Suzette) sur l'Oligocène, ayant l'air, d'autres fois, par exemple à Gigondas et à Montrond, de s'enraciner dans le Jurassique, mais sans qu'aucun lambeau de Lias les accompagne. A Suzette, le Trias forme, sans conteste possible, une nappe étalée sur divers termes du Jurassique et sur la série éogène, et recouverte par le manteau burdigalien ; à Condorcet, il est en nappe encore, étalée sur le Callovien ; enfin c'est encore en nappe qu'il se présente, dans toute la chaîne de lambeaux qui va d'Eyguians à Upaix, sur la rive gauche du Buëch. Ailleurs, l'allure en nappe est douteuse, même à Propiac où l'on ne saurait affirmer que le Callovien, sur lequel le Trias s'avance, s'en aille très loin sous ce Trias.

Il faut se souvenir aussi que ce Trias énigmatique a exercé, autour de lui, une action chimique incontestable. C'est sûrement à lui qu'est due la *maladie* du Callovo-oxfordien dans la région de Propiac et du Buis ; c'est de lui que viennent les eaux salées de Propiac et de Condorcet ; de lui que viennent les minerais de zinc et de plomb d'Auzière et de Condorcet, les gîtes de célestine et de barytine de Condorcet et de Lazer ; de lui, très probablement, que *descendent* les minerais de zinc et de plomb des nombreux gîtes calaminaires de la Drôme et du

bord Ouest des Hautes-Alpes. En somme, là où il n'est pas visible, dans cette aire immense qui va de Lazer à Gigondas et de Beaumes à Châtillon-en-Diois, il a laissé des traces manifestes de son ancienne présence, non pas partout, mais çà et là, sporadiquement, comme s'il y avait eu jadis, sur cette aire, un grand nombre de témoins triasiques analogues à ceux que nous connaissons.

La première hypothèse qui vient à l'esprit est celle d'une nappe unique, la *nappe de Suzette*, établie sur tout le pays avant la transgression burdigalienne, à la faveur de mouvements tangentiels d'âge probablement chattien. C'est l'hypothèse que nous avons proposée en 1921, M. Joleaud et moi, et qui se trouve résumée dans le *Livret-Guide* de la Réunion extraordinaire. Nous avons, en la proposant, réservé la question d'origine, prenant simplement parti pour une origine alpine *assez lointaine*, marquant même une préférence pour l'origine briançonnaise, en raison de l'absence, dans le Trias en question, de grès friables du type des grès de Barles, et, au contraire, de la découverte, dans les cargneules mylonitiques, près de Suzette, d'un fragment de quartzite de type briançonnais.

L'hypothèse de la nappe unique a le grand avantage de rendre compte de l'étonnante ressemblance de tous les lambeaux triasiques, de la similitude des conditions tectoniques où ils apparaissent, de l'identité frappante de tous les gîtes calaminaires de la Drôme et des Hautes-Alpes. Elle a cet autre avantage de nous donner la cause des mouvements tangentiels *chattiens* de la région du Rhône (Aramon, la Montagnette, Rochefort) et de la région d'Alais ; c'est-à-dire de nous fournir une liaison tectonique entre les Alpes et la zone de bordure du Plateau central.

Ces avantages sont si grands qu'il ne faut pas se presser de l'abandonner. Je reconnais qu'aujourd'hui l'origine briançonnaise ne peut plus se soutenir, ni même l'origine vraiment lointaine : et cela à cause du faciès révélé par les fossiles. Il faudra trouver une autre explication pour le fragment de quartzite à tourmaline. *S'il y a une nappe unique, elle ne vient pas de loin*. Je repousse de toutes mes forces l'origine provençale, proposée par M. Jacob, parce que les nappes provençales sont anté-sannoisiennes, tandis que la nappe de Suzette est *certainement* postérieure à l'*Helix Corduensis*, c'est-à-dire d'âge tout au moins rupélien ou chattien. Malgré l'absence de grès du type de Barles, je ne répugnerais pas trop à enraciner la nappe, supposée unique, dans l'un des plis de la région de Sisteron et de Digne. Ce serait à voir.

Mais il y a une hypothèse toute différente, et qui échappe aux critiques très sérieuses qu'a soulevées la conception de la nappe unique¹. La voici :

Tous les lambeaux triasiques du type Suzette se répartissent entre trois groupes : le groupe Suzette-Gigondas ; le groupe Gipièrre-Propiac-Montaulieu-Condorcet ; le groupe Montrond-Eyguians-Lazer-Upaix.

Chacun de ces groupes correspond à une zone anticlinale du système des plis post-helvétiques, et résulte du *jaillissement* du Trias dans un anticlinal aigu et de son épanchement, sous forme extravasée, entre les terrains secondaires ou éogènes et la molasse miocène. Je dis plis *post-helvétiques* : c'est peut-être *post-pontiens* qu'il faudra dire. Sur ce point, je réserve encore mon opinion.

*Groupe Suzette-Gigondas*². — Le massif de Gigondas, tout entier, est une zone anticlinale post-helvétique prolongeant celle du Ventoux. La direction de cette zone est Nord-60 à 80° Est dans la région du Barroux et de la Roque-Alric ; elle est à peu près Est-Ouest à Montmirail ; elle devient brusquement Nord-Ouest au delà de Montmirail ; tourne encore, devient Sud-Nord, puis Nord — 20° Est, près de Gigondas, pour se fixer au voisinage de Sud-Nord aux approches de Vaison. L'extrême complication de la structure dans les *dentelles* et les vallons qui les séparent tient au fait que tout un faisceau de plis tourne ici, brusquement, d'environ cent vingt degrés. L'un de ces plis serrés montre, dans son axe, un ruban de Trias, près de Gigondas. Peut-être aussi les trois lambeaux triasiques que nous avons vus au sud-est de Malaucène et que j'ai présentés comme trois lambeaux de nappes, sont-ils, en réalité, trois témoins d'un pli serré semblable, à noyau triasique discontinu. Quant au grand lambeau Suzette-Montmirail, ce serait du Trias *extravasé*, partout à l'état de nappe séparée de la racine d'où elle aurait jailli, étalée indifféremment sur le Jurassique, l'Infra-crétacé, l'Éocène et l'Oligocène, et mécaniquement introduite sous le manteau burdigalien. Ainsi s'expliquerait le fait, qui jusqu'ici m'embarassait beaucoup, que les poudingues burdigaliens, tout autour du massif de Gigondas, ne renferment pas de galets des cargneules triasiques, ou n'en renferment que très rarement et de façon douteuse.

Groupe Propiac-Condorcet. — Sur la feuille *Le Buis* de la

1. Critiques formulées à diverses reprises par M. W. Kilian, et résumées dans le C.R. S. (1923), p. 168 et 169.

2. Suivre cette description sur la feuille *Orange* de la Carte géologique.

Carte géologique, on suit, depuis Ribiers (vallée du Buëch) jusqu'à l'angle Nord-Ouest de la feuille, le tracé d'une zone anticlinale post-helvétienne, plus ou moins complexe. Elle passe par Séderon, la Montagne-du-Buc, le Buis, Propiac, Auzière, Ollon, Montaulieu, Condorcet. Elle est parallèle à la zone précédente (Lure-Ventoux-Gigondas) et tourne comme elle (un peu moins, et moins brusquement) d'une centaine de degrés, devenant Sud-Nord après avoir été Est-Ouest, et se fixant ensuite à la direction Nord-Nord-Ouest. C'est dans cette zone anticlinale que s'alignent les lambeaux triasiques de la Gipièrre, d'Auzière, de Montaulieu et de Condorcet : les uns ayant plutôt l'air de s'enraciner (Gipièrre, Mérindol), les autres étant des paquets extravasés à allure de nappe (Auzière, Montaulieu, Condorcet).

Groupe Montrond-Upaix. — Ce dernier groupe se rattache moins nettement que les deux autres à une zone anticlinale post-helvétienne parce que la mollasse n'apparaît pas dans son voisinage et que l'allure des terrains secondaires est ici plus tranquille et plus simple. A Montrond, le Trias semble être l'affleurement d'un anticlinal déversé vers l'Est et montrant, dans sa zone axiale, non seulement du Trias, mais aussi du Bathonien. Les autres lambeaux triasiques, qui s'échelonnent d'Eyguians à Upaix, sont tous flottant sur le Callovien ; ils appartiennent probablement à une même nappe. D'où sortirait cette nappe ? C'est difficile à dire. Je serais tenté de l'enraciner dans l'anticlinal de Montrond et de faire tourner cet anticlinal de 90 degrés à Saléon ; il irait de Montrond à Saléon, et, là, prendrait la direction du Sud-Ouest, vers Sainte-Colombe.

En somme, il y aurait eu jaillissement du Trias et épanchement de ce terrain, probablement très salifère et très gypsifère autrefois, sous forme extravasée, dans les trois zones anticlinales que je viens de dire, *aux points où ces zones subissaient de brusques torsions et tournaient de 90, 100 ou 120 degrés.*

Si cette hypothèse est la vraie, le phénomène de jaillissement du Trias a dû se produire dans plusieurs autres zones anticlinales post-helvétiques du Diois, de la Buëchaine et des Baronnies ; et les nombreux gîtes de calamine témoignent alors de ces jaillissements multiples et locaux, tous semblables.

Tel est, à mes yeux, l'état actuel de ce beau problème de géologie structurale : ou bien une nappe unique qu'il faudrait continuer d'appeler *nappe de Suzette* et qui serait d'âge chattien ; ou bien du Trias, autrefois gypsifère et salifère, qui se serait *extravasé* entre la couverture de mollasse miocène et son sub-

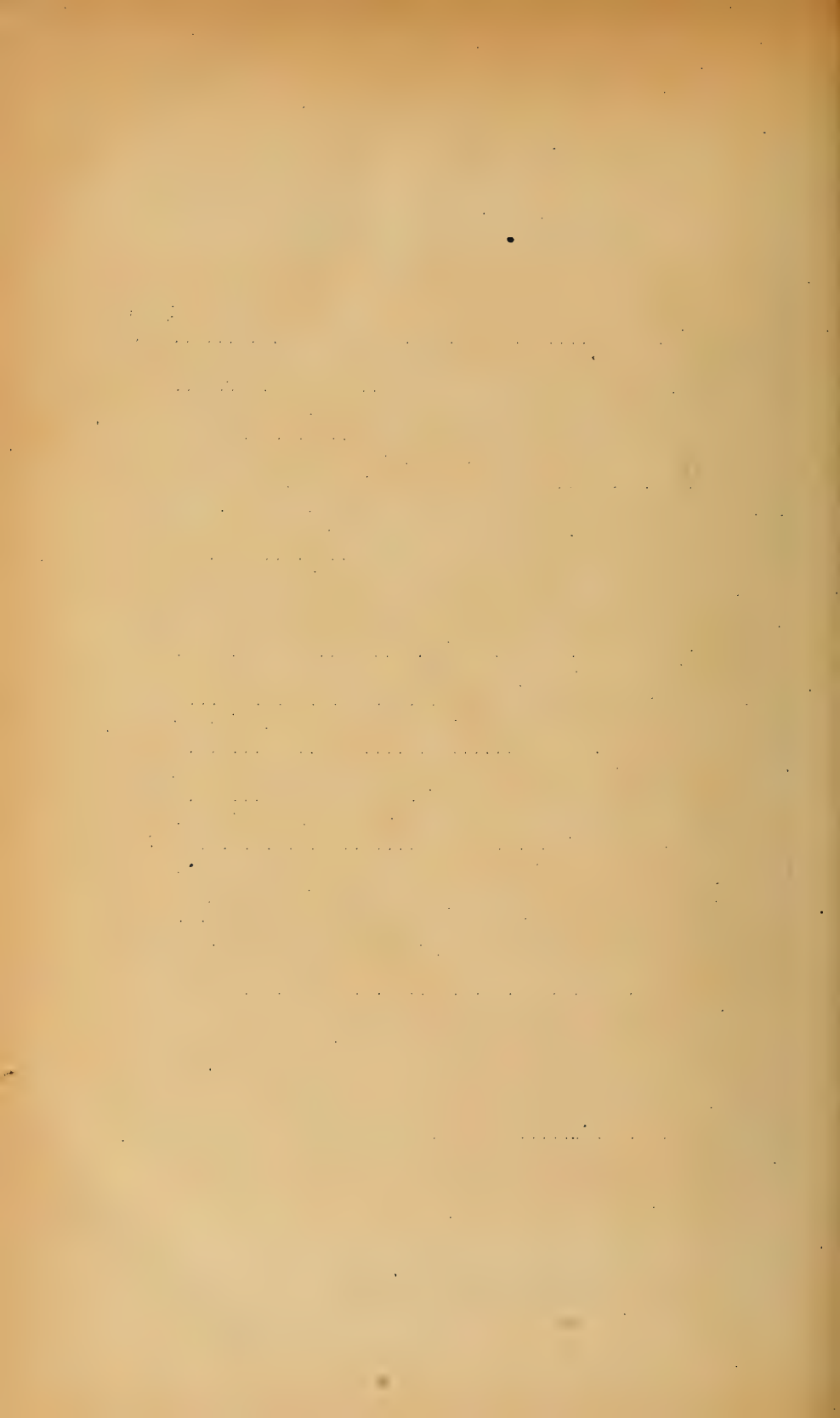
stratum secondaire et éogène, et qui se présenterait tantôt en rubans enracinés, tantôt en lambeaux flottants, mais se rattachant toujours à une zone anticlinale du plissement post-helvétique.

Je ne vois pas d'autre hypothèse que les deux que je viens de dire. Longtemps, j'ai admis la première, comme seule possible ; aujourd'hui, j'incline un peu vers la seconde. En tout cas, le *problème de Suzette* appelle encore de nouvelles observations. Je serai très heureux de les avoir suscitées.



TABLE DES MATIÈRES

	Pages
Bibliographie	5
Saint-Germain, l'Ermitage, Bois-Commun, Plaine d'Alais. Exc. du 11 sept., par G. CORROY	10
Rochebelle, Fontanes, Nord d'Alais, Saint-Martin-de-Valgalgues. Exc. du 12 sept., par G. CORROY	14
Molières, Gammal, Saint-Ambroix. Exc. du 13 sept., par G. COR- ROY	17
La Grand'Combe. Exc. du 14 sept., par G. CORROY	26
Brouzet, La Serre du Bouquet, Seynes, Klippe de la Liquière. Exc. du 15 sept., par G. CORROY	28
Observations sur la note de M. Arnold Heim, intitulée « La pré- tendue nappe de recouvrement du bassin d'Alais (Gard) et l'origine des brèches urgoniennes dites mylonitiques », par Georges FRIEDEL	32
Le bassin houiller du Gard. Problèmes résolus. Problèmes à résoudre, par Pierre TERMIER	39
Au sujet des conglomérats chattiens de la région d'Alais, par Pierre TERMIER	45
Sur le rattachement des recouvrements tertiaires de la région d'Alais au système pyrénéo-provençal, par Ch. JACOB	47
Les brèches d'Aramon et de la Montagnette. Exc. du 16 sept., par Pierre TERMIER	51
A propos des brèches d'Aramon et de Barbentane, par Ch. JACOB ..	57
Les mylonites de la vallée du Rhône et leur liaison avec les dépla- cements tangentiels de la région d'Alais, par Pierre TERMIER ...	59
La nappe de Suzette. Exc. du 17 sept., par Pierre TERMIER	64
Le Trias de Mérindol et de Propiac. Exc. du 18 sept., par Pierre TERMIER	71
Toast porté au déjeuner de Propiac avant la séance de clôture le 18 septembre 1923, par Ch. JACOB	78
Sur la position tectonique et sur l'origine des lambeaux visités de la formation de Suzette, par Ch. JACOB	81
Au sujet de la tectonique de la « formation de Suzette », par M. GIGNOUX	83
Le problème tectonique de Suzette, par Pierre TERMIER	85

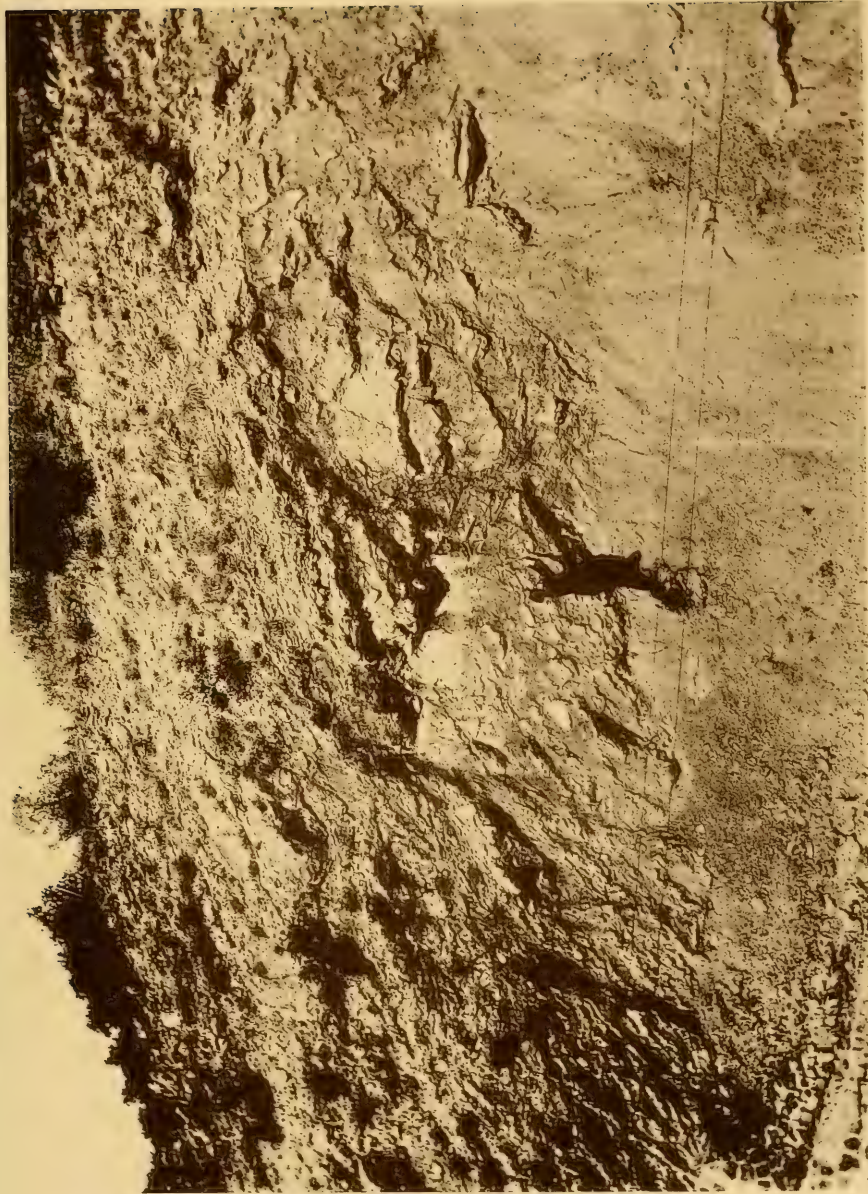




Cliché J. Roget

Imp. Tortellier et Cie, Arcueil (Seine)

Klippe de la vallée de l'Avène.—Urgonien mylonitique ; paroi Nord de la tranchée du chemin de fer de l'Ardoise, contre le bord occidental de la Klippe.



Cliché J. Roget

Imp. Tortellier et Cie, Arcueil (Seine)

Klippe de la vallée de l'Avène. — Contact de l'Hauterivien mylonitique sur l'Oligocène, au bord oriental de la Klippe ;
coupe par la paroi Nord de la tranchée du chemin de fer de l'Ardoise.



Cliché M. Gignoux

Rocher du Château de Notre-Dame-de-Dugas, à St-Ambroix. — Urganien mylonitique.

Imp. Tortellier et Cie, Arcueil (Seine)



Imp. Tortellier et Cie, Arcueil (Seine)

Cliché M. Gignoux

Faïlle de la Nongarède sur le chemin de St-Ambroix au Petit Barnassac.
Contact anormal des calcaires bajociens sur les marnes charmouthiennes.



Cliché M. Gignoux

Imp. Tortellier et Cie, Arcueil (Seine)

Faïte des Cévennes, sur la route d'Alais à St-Ambroix, aux Espradeaux. — Contact anormal des marno-calcaires hauteriviens sur les marnes charmouthiennes : remarquer les « crochons » dans le Charmouthien.



Cliché M. Gignoux

Brèches de Saint-Pierre-du-Terme surmontées par le Miocène foss



Imp. Tortellier et Cie, Arcueil, près Paris

Pecten præscabriusculus près du personnage à droite du Pin).



Cliché M. Gignoux

Imp. Tortellier et Cie, Arcueil, près Paris.

Brèches de Saint-Pierre-du-Terme surmontées par le Miocène fossilifère (*Pecten frascabriusculus* près du personnage à droite du Pin).



Fig. 1. — Le Mont-Ventoux vu de l'Eglise de Suzette.



Clichés M. Gignoux

Imp. Tortellier et Cie, Arcueil (Seine)

Fig. 2. — Massif des Dentelles de Gigondas, vue prise du chemin de La Fare à Suzette. — Vallée dans les terres-noires du Bathonien-Oxfordien. — Crêtes synclinales de calcaires du Jurassique sup.







LA RÉGION DU RHÔNE ENTRE ALAIS ET LARAGNE

Échelle $\frac{1}{320.000}$ 

Lambeaux triasiques à l'est du Rhône (Suzette, Mérindol-Propiac, Montaulieu-Condorcet, Montrond-Eyguins-Lazer-Upaix).



Brèches (mylonites) hauteriviennes ou urgoniennes (Aramon, Saint-Pierre-du-Terme, La Vernède, Barbantane, Les Bouisses, Chateaurnaud, Rochefort, Sauveterre).



Klippes de la plaine d'Alais (Urgonien mylonitique).



Axes anticlinaux principaux du système de plis posthelvétiques au voisinage des lambeaux triasiques du type Suzette.

Pierre TERMIER, 1923

Service Géographique de l'Armée. Février 1924

Liste des Mémoires qui se vendent isolément :

1^o MÉMOIRES DE PALÉONTOLOGIE.

15. S. STEFANESCU. Etudes sur les terrains tertiaires de la Roumanie; Contribution à l'étude des faunes sarmatique, pontique et levantine. 11 pl., 152 p.....	25 fr.
19. M. COSSMANN. Contribution à la Paléontologie française des terrains jurassiques (en cours); Gastropodes: Nérinées. 13 pl., 180 p.....	45 »
20. V. POPOVICI-HATZEG. Contribution à l'étude de la faune du Crétacé supérieur de Roumanie; Environs de Campulung et de Sinaia. 2 pl., 22 p.....	12 »
21. R. ZEILLER. Etude sur la flore fossile du bassin houiller d'Héraclée (Asie-Mineure). 6 pl., 91 p.....	50 »
22. P. PALLARY. Sur les Mollusques fossiles terrestres, fluviaux et saumâtres de l'Algérie. 4 pl., 218 p.....	15 »
23. G. SAYN. Les Ammonites pyriteuses des marnes valanginiennes du Sud-Est de la France (en cours). 6 pl., 69 p.....	25 »
24. J. LAMBERT. Les Echinides fossiles de la province de Barcelone. 9 pl., 128 p.....	25 »
25. H.-E. SAUVAGE. Recherches sur les Vertébrés du Kiméridgien supérieur de Fumel (Lot-et-Garonne). 5 pl., 36 p.....	18 »
26. Ch. DEPERET et F. ROMAN. Monographie des Pectinidés néogènes de l'Europe et des régions voisines (1 ^{re} partie: genre <i>Pecten</i> (en cours). 23 pl., 169 p.....	130 »
27. G. DOLLET et Ph. DATTZENBERG. Conchyliologie du Miocène moyen du Bassin de la Loire; Description des gisements fossilifères: Pélécytopodes. 51 pl., 500 p.....	300 »
28. Marcellin BOULE. Le <i>Pachyæna</i> de Vaugirard. 2 pl., 16 p.....	20 »
29. V. PAQUIER. Les Rudistes urgoniens. 13 pl., 102 p.....	40 »
30. Ar. TOUCAS. Etudes sur la classification et l'évolution des Hippurites. 17 pl., 128 p.....	45 »
31. Albert GAUDRY. Fossiles de Patagonie: Dentition de quelques Mammifères. 28 p., 42 fig. dans le texte.....	15 »
32. Paul LEMOINE et Robert DOUVILLÉ. Sur le genre <i>Lepidocyrtina</i> Gümbel. 3 pl., 42 p.....	15 »
33. Ferdinand CANU. Les Bryozoaires du Patagonien. Echelle des Bryozoaires pour les Terrains tertiaires. 5 pl., 39 p.....	15 »
34. Charles EASTMAN. Les types de Poissons fossiles du Monte Bolca au Muséum d'Histoire naturelle de Paris. 5 pl., 32 p.....	15 »
35. V. POPOVICI-HATZEG. Les Céphalopodes du jurassique moyen du Mont Strunga (massif de Bucegi, Roumanie). 6 pl., 28 p.....	30 »
36. Ar. TOUCAS. Etudes sur la classification et l'évolution des Radiolitidés. 21 pl., 132 p.....	60 »
37. Edm. PELLAT et M. COSSMANN. Barrémien supérieur à faciès urgonien de Brouzet-lez-Alais (Gard). 9 fig. texte, 6 pl., 42 p.....	20 »
38. Charles JACOB. Etude sur quelques Ammonites du Crétacé moyen. 34 fig., 9 pl., 64 p.....	20 »
39. A. PEZANT. Etude iconographique des Pleurotomes fossiles du Bassin de Paris. 5 pl., 30 p.....	15 »
40. P.-H. FRITEL. Etudes sur les végétaux fossiles de l'étage Sparnacien du Bassin de Paris. 3 pl., 37 p.....	10 »
41. Henri DOUVILLÉ. Etudes sur les Rudistes. Rudistes de Sicile, d'Algérie, d'Egypte, du Liban et de la Perse. 7 pl., 84 p.....	20 »
42. Léon PERVINQUIÈRE. Sur quelques Ammonites du Crétacé algérien. 7 pl., 86 p.....	20 »
43. Robert DOUVILLÉ. Céphalopodes argentins. 3 pl., 24 p.....	15 »
44. Gustave F. DOLLFUS. Les coquilles du Quaternaire marin du Sénégal. Introduction géologique par A. DENEIRS. 4 fig., 4 pl., 72 p.....	16 »
45. Robert DOUVILLÉ. Etude sur les Cardiocératidés de Dives, Villers-sur-Mer et quelques autres gisements. 84 fig., 5 pl., 77 p.....	25 »
46. Maurice COSSMANN. Contribution à la paléontologie française des terrains jurassiques (voir mém., n ^{os} 14, 19); <i>Cerithiacea</i> et <i>Loxonematacea</i> . 11 pl., 264 p.....	150 »
47. Lucien MORELLET et Jean MORELLET. Les Dasycladacées du Tertiaire parisien. 24 fig., 3 pl., 43 p.....	10 »
48. Robert DOUVILLÉ. Etudes sur les Oppellidées de Dives et Villers-sur-Mer. 31 fig., 2 pl., 26 p.....	15 »
49-50. F. PHILIP. Sur des Poissons fossiles et en particulier des Siluridés du Tertiaire supérieur et des couches récentes d'Afrique (Egypte et région du Tchad). — Sur des Poissons fossiles des terrains tertiaires d'eau douce et d'eau saumâtre de France et de Suisse. 9 pl., 30 p.....	20 »

51. P. DE BRUN, C. CHATELET et M. COSSMANN. Le Barrémien supérieur à faciès urgonien de Brouzet-lez-Alais (Gard) (v. mém. n° 37). 4 fig., 5 pl., 56 p.....	15	»
52. Henri DOUVILLÉ. Le Barrémien supérieur de Brouzet. 20 p., 4 pl.....	15	»
53. J. REPELIN. Monographie du genre <i>Lychnus</i> . 23 p., 6 pl.....	15	»
54. J. MONESTIER. Ammonites rares ou peu connues et Ammonites nouvelles du Toarcien supérieur du sud-est de l'Aveyron. 44 p., 4 pl.....	15	»
55. Maurice COSSMANN. Synopsis illustré des Mollusques de l'Eocène et de l'Oligocène en Aquitaine. 220 p., 15 pl.....	70	»
56. J. LEWINSKI. Monographie géologique et paléontologique du Bononien de la Pologne. 110 p., 11 pl.....	50	»
57. F. ROMAN. Monographie de la faune des Mammifères de Mormoiron (Vaucluse); Ludien supérieur. 8 pl., 40 p.....	25	»
58. L. et J. MORELLET. Nouvelle contribution à l'étude des Dasycladacées tertiaires. 37 p., 2 pl.....	15	»
59. A. ORISSIAK. Sur un nouveau représentant des Rhinocéros gigantesques de l'Oligocène d'Asie, <i>Indricotherium asiaticum</i> n. g., n. sp., 16 p., 3 pl.....	5	»

2° MÉMOIRES DE GÉOLOGIE.

1877. — H.-E. SAUVAGE. Mémoires sur les <i>Lepidotus maximus</i> et <i>L. palliatus</i> . 30 p., 2 pl.....	5	»
1878. — P. FISCHER. Paléontologie des terrains tertiaires de l'île de Rhodes (avec la collaboration de MM. Cotteau, Manzoni et Tournouër), 78 p., 3 pl.....	10	»
1879. — O. TERQUEM. Les Foraminifères et les Entomostracés Ostracodes du Pliocène supérieur de l'île de Rhodes, 136 p., 14 pl.....	10	»
1880. — H.-E. SAUVAGE et F. LIÉNARD. Mémoire sur le genre <i>Machimosaurus</i> , 32 p., 4 pl.....	5	»
1880. — BERTHELIN. Mémoire sur les Foraminifères de l'étage albien de Montcley (Doubs), 84 p., 2 tabl., 4 pl.....	10	»
1881. — D. OEHLERT. Documents pour servir à l'histoire des faunes dévoniennes dans l'ouest de la France, 38 p., 6 pl.....	15	»
1881. — J. DE MORGAN. Mémoire sur les terrains crétacés de la Scandinavie, 48 p., 2 pl.....	5	»
1882. — TERQUEM. Les Foraminifères de l'Eocène des environs de Paris, 104 p., 20 pl.....	20	»
1882. — H.-E. SAUVAGE. Recherches sur les reptiles trouvés dans le Gaull de l'Est du bassin de Paris, 42 p., 4 pl.....	7	»
1883. — COSSMANN et J. LAMBERT. Etude paléontologique et stratigraphique sur le terrain oligocène marin des environs d'Etampes, 188 p., 1 tabl., 6 pl.....	20	»
1884. — Ph. THOMAS. Recherches stratigraphiques et paléontologiques sur quelques formations d'eau douce de l'Algérie, 54 p., 1 tabl., 5 pl.....	5	»
1885. — COSSMANN. Contribution à l'étude de la faune de l'étage bathonien en France (Gastropodes), 374 p., 18 pl.....	30	»
1885. — TERQUEM. Les Entomostracés Ostracodes du système oolitique de la zone à Am. Parkinsoni de Fontoy (Moselle), 46 p., 6 pl.....	8	»
1886. — TERQUEM. Les Entomostracés Ostracodes du Fullers Earth des environs de Varsovie, 112 p., 12 pl.....	12	»
1887. — C. GRAND'EURY. Formation des couches de houille et du terrain houiller, 196 p., 10 pl.....	25	»
1888. — H. FILHOL. Études sur les Vertébrés fossiles d'Issel (Aude), 186 p., 21 pl.....	20	»
1889. — G. COTTEAU. Echinides éocènes de la province d'Alicante (deux parties), 107 p., 16 pl.....	25	»
1906. — P.-L. PREYER. Aperçu géologique sur la colline de Turin, 48 p., 7 fig., 1 carte.....	12	»
1907. — G. ZEIL. Contribution à l'étude géologique du Haut-Tonkin. — H. LANTENOIS. Note sur la géologie de l'Indo-Chine. — René de LAMOTHE. Note sur la géologie du Cambodge et du Bas-Laos, 80 p., 1 pl., 3 cartes en couleurs.....	18	»
1908. — Général de LAMOTHE. Les anciennes lignes de rivage du Sahel d'Alger et d'une partie de la côte algérienne, 288 p., 3 pl., 1 carte en couleurs.....	25	»
1909. — Léon CAREZ. Résumé de la Géologie des Pyrénées françaises, 132 p., 1 pl., 6 cartes en couleurs.....	25	»
1910. — Maurice LUGEON. Etude Géologique sur le projet de Barrage du Haut-Rhône français à Génissiat (près de Bellegarde), 136 p., 7 pl.....	25	»

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE
DE FRANCE

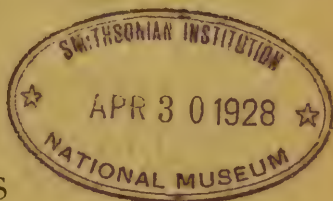
CETTE SOCIÉTÉ, FONDÉE LE 17 MARS 1830,
A ÉTÉ AUTORISÉE ET RECONNUE COMME ÉTABLISSEMENT D'UTILITÉ PUBLIQUE
PAR ORDONNANCE DU 3 AVRIL 1832.

QUATRIÈME SÉRIE

TOME VINGT-TROISIÈME

TABLE DU BULLETIN

TABLE ANALYTIQUE



PARIS
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE
28, rue Serpente, VI

COMPTE DE CHÈQUES POSTAUX PARIS, n° 173-72

1924

EXTRAITS DU RÈGLEMENT DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE

Cotisation : 50 fr. par an

Membres à vie : 1000 fr. — Membres perpétuels : 2000 fr.

ART. 2. — L'objet de la Société est de concourir à l'avancement de la Géologie en général et particulièrement de faire connaître le sol de la France, tant en lui-même que dans ses rapports avec les Arts industriels et l'Agriculture.

ART. 3. — Le nombre des membres de la Société est illimité. Les Français et les Etrangers peuvent également en faire partie. Il n'existe aucune distinction entre les membres.

ART. 4. — Pour faire partie de la Société, il faut s'être fait présenter dans une de ses séances par deux membres qui auront signé la présentation¹ et avoir été proclamé dans la séance suivante par le Président.

ART. 42. — Pour assister aux séances, les personnes étrangères à la Société doivent être présentées chaque fois par un de ses membres.

ART. 46. — Aucune communication ou discussion ne peut avoir lieu sur des objets étrangers à la Géologie ou aux sciences qui s'y rattachent.

ART. 48. — Chaque année, de juillet à novembre, la Société tiendra une ou plusieurs séances extraordinaires sur un point qui aura été préalablement déterminé.

ART. 53. — Un Bulletin périodique des travaux de la Société est délivré gratuitement à chaque membre.

ART. 54. — La Société publie en outre des *Mémoires*, qui ne sont pas distribués gratuitement aux membres.

ART. 55. — Tous les travaux destinés à l'impression doivent être inédits et avoir été présentés à une séance.

ART. 75. — Les auteurs peuvent faire faire à leurs frais, en passant par l'intermédiaire du Secrétariat, un tirage à part des communications insérées au Bulletin.

ART. 94. — Les ouvrages, conservés dans la Bibliothèque de la Société, peuvent être empruntés par les membres... (*Service des prêts*).

1. Les personnes désirant faire partie de la Société et ne connaissant aucun membre pour les présenter peuvent adresser une demande au Secrétariat, en exposant les titres qui justifient de leur admission.

MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

NOUVELLE SÉRIE

-
- | | |
|--|--------|
| 1. L. MORET. Contribution à l'étude des Spongiaires siliceux du Miocène de l'Algérie, 4 pl., 32 p..... | 20 fr. |
| 2. H. DOUVILLÉ. Revision des Lépidocyclines, 2 pl., 49 p..... | 20 » |

TABLE

DES NOTES ET MÉMOIRES CONTENUS

DANS LE VOLUME XXIII DU BULLETIN (1923)

	Pages
Paul Fallot. — Le problème de l'île de Minorque (7 fig., pl. I à IV)....	3
Pierre Termier. — Contribution à la connaissance des Tonstein du Houiller de la Sarre.....	45
E. Peterhans. — Sur la tectonique des Préalpes entre Meillerie et Saint-Gingolph (Haute-Savoie) (2 fig.).....	51
Roman Kozłowski. — A propos de l'âge du soulèvement de la Cordillère de Bolivie (2 fig., pl. V).....	57
M^{me} Paul Lemoine. — Contribution à l'étude des Corallinacées fossiles, VI. Les Mélobésiées du Calcaire pisolithique du Bassin de Paris (9 fig., pl. VI).....	62
F. Blanchet. — La faune du Tithonique inférieur des régions subalpines et ses rapports avec celle du Jura franconien.....	70
Jacques de Lapparent. — Les brèches sédimentaires et les brèches de friction dans les terrains à l'embouchure de la Bidassoa.....	81
J. de Morgan. — Les temps glaciaires et leur influence sur l'humanité... 84	84
E. Fournier et P. W. Stuart-Menteth. — Sur la géologie de la mine de San Narciso (Massif de la Haya) et la tectonique des Pyrénées basques.....	102
P. de Brun et C. Chatelet. — Sur la découverte du Bartonien sur le revers nord des Alpilles (Bouches-du-Rhône) (3 fig.).....	109
F. Roman. — Revision de quelques espèces de Mollusques continentaux de l'Éocène du Midi de la France (10 fig., pl. VII).....	113
P. Russo. — La constitution du massif montagneux du Takroumet et les sources du Figuig (Maroc sud-oriental) (2 fig., 1 carte).....	123
Paul Jodot. — Faune bajocienne du djebel Mahsieur, près d'Oudjda (Maroc oriental).....	132
P. Lævinson-Lessing. — Note sur les provinces pétrographiques de la Russie.....	142
G^{al} de Lamothe. — Observations sur la distribution dans les mers actuelles, des Mollusques de l'Argile à <i>Yoldia</i> des environs de Christiania.....	158
L. Joleaud. — Les phosphates du Maroc : I. Stratigraphie et pétrographie de la région des Ouled Abdoun (Maroc central (4 fig., pl. VIII) [Observations de MM. Léon Bertrand et L. Cayeux].....	172
P. Lamare. — Sur quelques particularités de la structure du Pays Basque espagnol et sur le caractère tectonique de la région (1 carte).....	185
M^{lles} G. Weber et V. Malychef. — Sur la stratigraphie du Mésocrétacé et du Néocrétacé de la Crimée (tableau).....	193
L. Joleaud. — Essai sur l'évolution des milieux géophysiques et biogéographiques (A propos de la théorie de Wegener sur l'origine des continents) (3 cartes et figures) [Observations de MM. Louis Germain, Louis Fage, G.-F. Dollfus, C ^{el} Perrier, Ch. Maurain].....	205

Jacques Bourcart, E. Aubert de La Rüe et L. de Chételat. — Le gisement de Pliocène marin du lac de Scutari d'Albanie.....	271
M^{me} Paul Lemoine. — Contribution à l'étude des Corallinacées fossiles. VII. Mélobésiées miocènes recueillies par M. Bourcart en Albanie (9 fig.).	275
Marius Dalloni. — Contribution à l'étude des Terrains tertiaires de la Thessalie et de l'Épire (1 fig.).....	284
M.-E. Denaeyer. — Compléments de la lithologie du Sahara Central....	295
F.-L. Pereira de Sousa. — Sur un nouveau genre de Goniatite : <i>Lusitanoceras</i> (pl. IX).....	304
P. Russo. — Les cailloux sahariens à vermiculations radiées.....	305
G. Cornand. — Observation sous-marine au large de Villaricos (Espagne) (2 fig.).....	306
M^{me} E. Reid. — Nouvelles recherches sur les graines du Pont-de-Gail (Cantal) [traduction P. Marty] (12 fig., pl. X et XI).....	308
L. Mengaud. — Découverte d'une Nummulite nouvelle dans le Maestrichtien à <i>Biradiolites</i> du dôme de Cézan-Lavardens (Gers) et étude stratigraphique du gisement.....	356
G. Astre. — Étude paléontologique des Nummulites du Crétacé supérieur de Cézan-Lavardens (Gers) [<i>Nummulites Mengaudi</i> n. sp.] (1 fig., pl. XII).	360
H. Douvillé. — Les Orbitoïdes et leur évolution en Amérique (4 fig., pl. XIII).....	369
René Abrard. — Note sur les dépôts éocènes des environs de Royan....	377
Pierre Marty. — Sur un procédé de dessin des feuilles fossiles (1 fig.)...	381
Georges Denizot. — Contribution à l'étude du Quaternaire de France (5 fig.).	384
V. Van Straelen. — Les Mysidacées du Callovien de la Voulte-sur-Rhône (7 fig., pl. XIV).....	431
A. de Grossouvre. — Sur le Calcaire de Montabuzard (1 fig., pl. XV)....	440
M^{lle} S. Gillet. — Remarques sur le rameau d' <i>Avicula</i> (<i>Oxytoma</i>) <i>inæquivalvis</i> Sow. L.	450
Réunion extraordinaire de septembre 1923, Gard, Vaucluse et Drôme (16 fig., pl. XVI à XXIII, 1 carte h. l.).....	457

TABLE ALPHABÉTIQUE

DES MATIÈRES ET DES AUTEURS

du Bulletin et du Compte Rendu sommaire

des séances de la Société géologique de France.

4^e série, tome XXIII, année 1923

par JACQUES BOURCART.

Les renvois aux pages du Bulletin sont en chiffres gras, les chiffres ordinaires maigres se rapportent aux pages du Compte rendu sommaire. R. Ex. = Réunion Extraordinaire. Les titres in extenso figurent seulement sous les noms d'auteurs.

A

ABRARD (René). Sur les dépôts éocènes des environs de Royan, 177, **377**. — Obs. sur une note de M. J. SAVORNIN sur le problème tectonique préifain, 91. — Existence du Lias à Rich (Maroc), 31.

Actinocrinidé. Sur un — de la coll. MARCOU au Mus. d'H. N., par M. COLLIGNON, 203.

Adriatique. Voir BOURCART, 191, **271**.

Afghanistan. Notes préliminaires sur la géologie de l'Est de l'—, par Raymond FURON, 143, 193, 213.

Afrique du Nord. La question des nappes de charriage dans l'—, par Louis GENTIL, 201. — Voir aussi *Maroc, Algérie, Sahara*.

Albanie. Voir BOURCART, 191, **271**; LEMOINE (M^{me} P.), 143, **275**.

Algérie. Voir EHLMANN, 140.

Alluviales (terrasses). Voir DENIZOT, 202, **384**.

Alluvions. Voir BRIQUET, 17; ZURCHER, 114.

Alpes-Maritimes. Voir LANQUINE, 126; DE MARTONNE, 28, 64; MAURY, 54, 138.

Apilles. Sur la découverte du Bartonien continental sur le revers N des —, par P. DE BRUN et C. CHATELET, 50, **109** (3 fig.).

Alsace. Alluvions anciennes et mouvements du sol dans la plaine d'—, par A. BRIQUET, 17.

Amérique. Voir DOUVILLÉ, 106, **369**; KOZLOWSKI, 28, **57**.

Ammonites. Voir CAILLET, 35; NICOLESCO, 55.

Andes. Voir KOZLOWSKI, 28, **57**.

Arabie. Voir BARTHOUX, 190; LAMARE, 61, 188.

ARABU (N.). Sur la présence du Nummulitique supérieur aux environs de la mer de Marmara, 123. — Remarques sur un travail récent de M. O. Gutzwiller, 111.

Ardèche. Voir VAN STRAELEN, 203, **431**.

Armoricaïn (Massif). Voir BIGOT, 117; KERFORNE, 86; MILON, 51, 62, 73, 178.

Arvicola. Voir DUBOIS, 122.

Aspe (Vallée d'—). Nouvelle contribution à la tectonique de la —, par P. VIENNOT, 207.

ASTRE (G.). Étude paléontologique des Nummulites du Crétacé supérieur de Cézán-Lavardens (Gers): *Nummulites Mengandi n. sp.*, 134, **360** (1 fig., pl. XII).

AUBERT DE LA RÜE (E.), J. BOURCART — et L. DE CHÉTELAT. Sur le gisement du Pliocène marin du lac de Scutari d'Albanie, 191, **271**.

Augmentation des cotisations, 12.

B

- Bajocien*. Faune —ne du Djebel Mahs-sur près d'Oudja (Maroc oriental), par P. JODOT, 61, 132.
- Baléares*. Voir FALLOT, 1; JACOB, 100.
- Balkans*. Voir ARABU, 123, 141; DALLONI, 143, 284; KTÉNAS, 206. — MATUŠEK, 203; NÉGRIS, 31. Voir aussi *Albanie*.
- BARRABÉ (L.). Prés. d'ouv., 12, 114, 187.
- BARTHOUX (J.). Necks jumelés de sôlvs-bergite dans le désert Arabe, 190. — Prés. d'ouv., 186.
- Bartonien*. Sur la découverte du — continental sur le revers nord des Alpilles, par P. DE BRUN et C. CHATELET, 50, 109.
- BASSLER (RAY) (F. CANU et —). Prés. d'ouv., 198.
- BERTRAND (LÉON). Sur la teneur en magnésie des calcaires coralliens et subcoralliens, 13. — Obs. sur la note de M. DE MARTONNE sur le glacier quaternaire de la Vésubie, 30. — Obs. sur la note de M. DE MARTONNE, sur le Pliocène et le Quaternaire des Alpes-Maritimes, 65. — Obs. sur une note de M. Y. MILON sur le calcaire briovérien de Saint-Thurial, 74. — Obs. sur une note de MM. E. FOURNIER et P. W. STUART-MENTEATH sur la tectonique des Pyrénées basques, 75. — Prés. d'ouv., 126. — Obs. sur la note de M. L. JOLEAUD sur les phosphates marocains, 183. — Sur qqs obs. faites aux environs de Cette, 209.
- BIGOT (A.). Obs. sur l'existence d'une série compréhensive dans le Massif Armoricain, 117.
- Bigotites*. Étude monographique du genre —, par C. NICOLSCO (prés. de mémoire), p. 55.
- Biogéographie*. Voir JOLEAUD, 78, 205; NÉGRIS, 31.
- BLANCHET (F.). La faune du Tithonique inf. des régions subalpines et ses rapports avec celle du Jura franconien, 39, 70.
- BLAYAC (J.). Remarque sur l'âge des poudingues de Saint-Ambroix [rép. de M. THIÉRY]. R. Ex., 171.
- BocQUIER (Edmond) et P. MARTY. Les dépôts récents de la vallée de la Cère et de la plaine d'Arpajon (Cantal), 83.
- Bolivie*. A propos de l'âge du soulèvement de la Cordillère de —, par R. KOZLOWSKI, 28, 57.
- BONNET (Pierre). Sur la limite siluro-

dévonienne en Transcaucasie méridionale, 26. — Sur les relations entre le Carbonifère et le Permien de la Transcaucasie mér., 40. — Sur l'âge des couches à faciès de Gosau du Daralagœz (Transcaucasie mér.) [Obs. de M. E. HAUG], 81. — Prés. d'ouv., 128. — Caractères des faunes néocrétacées de la Transcaucasie mér., 134.

Bosphore. Sur la géologie des env. du —, par OTAKAR MATUŠEK, 203.

Bouches-du-Rhône. V. BRUN (P. DE), 50, 109.

Bougie. Découverte du Paléozoïque aux env. de —, par F. EHLMANN, 140.

Boulonnais (Bas). Voir DUTERTRE, 11, 15, 32, 78, 109, 212.

BOURCART (J.). Prés. d'ouv., 176, 199 (mission saharienne).

BOURCART (J.), E. AUBERT DE LA RÜE et L. DE CHÉTELAT. Le gis. du Pliocène marin du lac de Scutari d'Albanie, 191, 271.

BRIQUET (A.). Alluvions anc. et mouvements du sol dans la plaine d'Alsace, 17. — Prés. d'ouv., 58.

BRUN (P. DE) et C. CHATELET. Sur la découverte du Bartonien continental sur le revers nord des Alpilles (B.-du-R.), 50, 109 (3 fig.).

Bureau (Constitution du), 3.

C

CAILLET (H.). Les lignes en aigrette chez les Ammonites jurassiques, 35.

Calcaires coralliens. Sur la teneur en magnésie des — et subcoralliens, par LÉON BERTRAND, 13.

Calcisphères. Sur la présence de — dans le calcaire frasien de la Villedé d'Ardin (Deux-Sèvres), par Y. MILON, 178.

Callovien. Voir VAN STRAELEN, 203, 431.

Cantal. Voir BocQUIER, 83; REID, 136, 308.

CANU (F.). Prés. d'ouv., 198.

Carbonifère. Voir BONNET, 40; DUTERTRE, 109; KTÉNAS, 206; MILON, 51, 62; TERNIER, 14, 45.

CAYEUX (L.). Observations sur la note de M. L. JOLEAUD, sur les phosphates marocains, 183. — Obs. sur une communication de M^{lle} J. PFENDER, sur les phtanites à Radiolaires de Toulon, 131. — Prés. d'ouv., 58, 125.

Celles (Ariège). Sur l'existence d'une lentille de Cénomien au milieu du

Sénonien de —, par G. DUBAR, 119.
Cénomarien. Voir DUBAR, 119.
Central (Massif). Voir BOCQUIER, 83;
 GLANGEAUD, 59, 177; VOITESTI, 137;
 REID, 136, 308.
Cère (Vallée de la). Voir BOCQUIER, 83.
Cette. Sur qqs observations faites aux
 env. de —, par LÉON BERTRAND, 209.
Cézan-Lavardens (Gers). Voir ASTRE,
 134, 360; MENGAUD, 133, 356.
 CHATELET (C.) P. DE BRUN et —. Sur la
 découverte du Bartonien continental
 sur le revers nord des Alpilles (B.-
 du-R.), 50, 409 (3 fig.).
 CHAUTARD (Jean), Prés. d'ouvr., 186. —
 Sur les hydrocarbures naturels de
 Madagascar, 120.
 CHÉTELAT (L. DE) (J. BOURCART, E. AU-
 BERT DE LA RÛE et —). Sur le gis. de
 Pliocène marin du lac de Scutari
 d'Albanie, 191, 271.
Cimetières. Voir LE COUPPEY, 183.
 COLLIGNON (M.). Sur un Actinocrinidé
 de la collection Marcou au Muséum
 National d'Histoire Naturelle, 203.
Comptabilité. Rapport de la Commis-
 sion de —, 148.
Corallinacées. Contribution à l'étude
 des — fossiles : VI. Les Mélobésiées
 du Calcaire pisolithique du Bassin de
 Paris, 39, 62; VII : Mélobésiées
 miocènes recueillies en Albanie par
 M. BOURCART, 143, 275, par M^{me} Paul
 LEMOINE.
 CORNAND (G.). Obs. sous-marine au
 large de Villaricos (Espagne), 183,
 306 (2 fig.).
 CORROY (Georges). Prés. d'ouvr., 12. —
 Compte rendu des excursions des 11,
 12, 13, 14, 15 septembre de la R. Ex.,
 466, 470, 473, 482, 484.
 COSSMANN (G. O'GORMAN et M.). Prés.
 d'ouvr., 187.
 COUFFON (O.). Prés. d'ouvr., 78.
Crétacé. Voir ASTRE, 134, 360; BONNET,
 80, 134; DOUVILLÉ, 105; DUBAR, 119;
 LAPPARENT (DE), 47, 55, 81; LORY, 86;
 MENGAUD, 133, 356; RUSSO, 180; WE-
 BER, 107, 493.
Crimée. Sur la stratigraphie du Méso-
 crétacé et du Néocrétacé en —, par
 M^{lles} G. WEBER et V. MALYCHEF, 107,
 493.
Crouelle (Sondage de). Voir GLAN-
 GEAUD, 177; VOITESTI, 137.
Crustacés. Voir VAN STRAELEN, 203, 431.
Culm. Voir MILON, 51.

D

DAGUIN (F.). Premiers résultats de
 tournées géol. dans le Rarb (Maroc
 occ.), 131.
 DALLON (Marius). Contribution à l'étude
 des terrains tertiaires de la Thessa-
 lie et de l'Épire, 113, 284 (1 fig.).
Danemark. Voir DOUVILLÉ, 105.
Danien. Voir DOUVILLÉ, 105.
 DANGEARD (Louis). Notes de géol. sous-
 marine. Découverte de Nummulites
 en Manche orientale, 191.
 DAUTZENBERG (Ph.). Prés. d'ouvr., 175.
Décisions administratives, 93.
 DELÉPINE (G.). Prés. d'ouvr., 26.
 DENAEYER (M.-E.). Compléments à la
 lithologie du Sahara central, 143, 295.
 DENIZOT (G.). Contributions à l'étude du
 Quaternaire de France, 202, 384 (5 fig.).
 DÉPÉRET (Ch.). Sur les Mammifères
 foss. des brèches osseuses du château
 de Nice, 18. — [Sur le gisement oli-
 gocène du col de la route de Suzette
 à Malaucène], R. Ex., 170.
 DÉPÉRET (Ch.) et E. HAUG. [Sur les fos-
 siles du Muschelkalk à faciès proven-
 çal du Vieux-Mérindol], R. Ex., 171.
Deux-Sèvres. Voir MILON, 178.
Dévonien. Voir BONNET, 26; DUTERTRE,
 109; MILON, 178.
 DOBROWOLSKI (A.). Prés. d'ouvr. (Hist.
 nat. de la glace), 205.
 DOLLEUS (G.-F.). Prés. d'ouvr., 46, 126,
 175. — L'Oligocène fossilif. près
 d'Évreux (Eure). 69. — Classement
 stratigraphique des stations préhis-
 toriques de la Vézère, [200], 209. —
 L'isolement ancien des continents,
 263. — [Les déplacements continen-
 taux (à propos d'A. WEGENER)], 270.
 DOUVILLÉ (H.). [Obs. à propos de la
 présentation par le secrétaire d'un
 mémoire de M. POOL HARDER (limites
 entre sables de Lelling et calc. de
 Salthorn)], 105. — Les Orbitoïdes en
 Amérique, 106, 369 (4 fig., pl. XIII). —
 Prés. d'ouvr., 174. — Revision des
 Lépidocyclines, prés. de mémoire,
 177. — Prés. d'ouvr., 187, 198.
Drôme. R. Ex., 153, 457.
 DUBAR (G.). Sur l'existence d'une len-
 tille de Cénomarien au milieu du Sé-
 nonien de Celles (Ariège), 119.
 DUBOIS (Georges). Remarque sur qqs
 Rats d'eau foss. du N de la France.
 122.
 DUTERTRE (A.-P.). Sur l'Éocrétacé du
 Bas-Boulonnais, 15, 78. — Note sur

l'Oolithique moyen du Bas-Boulonnais, 32. — L'inconnu du Huré : contact entre le Famennien et le Tournaisien dans le Bas-Boulonnais, 109. — Sur deux Ammonites de l'Oolithique du Bas-Boulonnais, 212.
DUTERTRE (D^r Em.). [L'organisation du musée de Boulogne], 11.

E

Échinides. Voir THIÉRY, 163.
Échinodermes. Voir COLLIGNON, 203 ; THIÉRY, 163.
Égée. Époque des dernières dislocations de l'—, par Ph. NÉGRIS, 31.
EHRMANN (F.). Découverte du Paléozoïque aux env. de Bougie, 140.
Éocène. Voir ABRARD, 177, 377 ; BRUN (DE), 50, 409 ; LERICHE (M.), 14 ; MORELLET, 116 ; ROMAN, 50, 413.
Éolienne (Usure). Voir RUSSO, 193, 305.
Épire. Contribution à l'étude des terrains tertiaires de la Thessalie et de l'—, par Marius DALLON, 143, 284.
Espagne. Voir FALLOT, 3 ; FOURNIER, 75, 102 ; JACOB, 100 ; LAMARE, 48, 49, 129, 185.
Évreux. L'Oligocène fossilifère. près d'—, par G.-F. DOLLFUS, 69.

F

FAGE (Louis). Obs. à propos de la conférence de M. L. JOLEAUD, sur la théorie de Wegener, 262.
FALLOT (Paul). Le problème de l'île de Minorque, 3 (pl. r. iv, carte h. t.). — Discours de remerciements pour l'attribution du prix Fontannes, 102.
FAURA Y SANS. Prés. d'ouvr., 161.
FÈVRE. Discours à la R. Ex., 158.
FICHEUR (Em.). Nécrologie, 125.
Figuié. La constitution du massif montagneux du Takroumet et les sources du — (Maroc sud-oriental), par P. RUSSO, 39, 123.
Flandre. Obs. sur la constitution géologique de la — française, par M. LERICHE, 14.
FORSITH-MAJOR. Nécrologie, 77.
FOURNIER (E.) et P. W. STUART-MEN-TEATH. Sur la géol. du Massif de la Haya et sur la tectonique des Pyrénées basques [Obs. de Léon BERTRAND, P. LAMARE et P. VIENNOT], 75, 102.
FRIEDEL (G.). Obs. sur la note de M. Arnold HELM intitulée « la prétendue

nappe de recouvrement du bassin d'Alais (Gard) et l'origine des brèches urgoniennes dites mylonitiques », R. Ex., 488.

FURON (Raymond). Notes prél. sur la géol. de l'Est de l'Afghanistan, 143, 193, 213.

G

Gard. Voir R. Ex., 153, 457.
Gaz rares. Sur la présence des — dans les gaz naturels et ses conséquences au point de vue de la Physique du globe, par G. LEPAPE, 103.
Genève. Sur les dépôts glaciaires des env. de —, par W. KILIAN, 179.
GENTIL (L.). Prés. d'ouvr., 57. — Obs. sur une communication de M. P. LAMARE (granites alcalins d'Arabie), 190. — La question des nappes de charriage dans l'Afrique du Nord, obs. sur une note de M. J. SAVORNIN, 201.
Géodynamique. Voir RUSSO, 193, 305 ; ZURCHER, 114.
Géophysique. Voir JOLEAUD, 78, 205 ; LAZAREFF, 200 ; LEPAPE, 103.
GERMAIN (Louis). La théorie de Wegener et la Zoogéographie, 257.
Gers. Voir ASTRE, 134, 360 ; MENGAUD, 133, 356.
GEVREY (Alfred). Nécrologie, 69.
GIGNOUX (Maurice). Obs. sur une communication de M. Ch. JACOB, R. Ex., 162. — Au sujet de la tectonique de la « formation de Suzette », R. Ex., 539.
GILLET (M^{lle} S.). Études sur les Lamellibranches néocomiens (prés. de mémoire), 183. — Remarques sur le rambeau d'*Avicula (Oxytoma) inaequivalvis* Sow. L., 212, 450 (4 fig.).
Glace. Voir DOBROWOLSKI, 205.
Glaciers. Voir BOCQUIER, 83 ; KILIAN, 179 ; MARTONNE (DE), 28 ; MAURY, 138 ; MORGAN (DE), 50, 84 ; DOBROWOLSKI, 205.
GLANGEAUD (Ph.). Note sur l'architecture du Massif volc. du Cantal, 59. — Prés. d'ouvr., 174. — Rép. aux obs. de M. VOITESTI, 177.
Goniatile. Voir PEREIRA DE SOUZA, 86, 304.
Gour (terrain des). Voir RUSSO, 180.
GRAMONT (Arnaud DE). Nécrologie, 185.
Granites alcalins. Voir LAMARE, 188.
Grèce. Voir KTÉNAS, 206 ; NÉGRIS, 31.
GROSSOUVRE (A. DE). Sur le Calc. de Montabazard, 193, 440 (1 fig., pl. xv).

H

- HARMER (F. W.). Nécrologie, 77.
 HAUG (Ém.). Obs. sur une note de M. P. BONNET, âge des couches à faciès de Gosau en Transcaucasie mérid., 82. — Obs. sur une note de M. F. KERFORNE, série compréhensive dans le Massif Armoricaire, 88. — Obs. sur une communication de M^{lle} J. PFENDER, sur les phanites à Radio-laires de Toulon, 131. — Obs. sur une comm. de M. Ch. JACOB, R. Ex., 162. [Sur la carte au 1/10 000° des Houillères du Gard], R. Ex., 163. — [Sur la mylonite d'Aramon], R. Ex., 165.
 HAUG (Ém.) (Ch. DEFÉRET et —). [Sur les fossiles du Muschelkalk à faciès provençal du Vieux Méridol], R. Ex., 171.
 HOLLANDE (Paul) (Louis MENGAUD et —). Lias sup. fossilif. dans l'écaillé des Bains de Capvern (Hautes-Pyr.), 133.
 HONILLER. Voir TERMIER, 13, 45.
 HURE (M^{lle} A.). Les grès chargés de calcaire du N de l'Yonne, 31. — Prés. d'ouvr., 45. — N^{lles} obs. sur le Sparnacien dans l'Yonne [obs. de P. LEMOINE], 213.
 HURÉ. L'inconnu du —. Voir DUTERTRE, 109.
 Hydrogéologie. Voir LÉPAPE, 103.

I

- Ille-et-Vilaine. Voir MILON, 62.
 Indochine. Sur les travaux du Service géologique de l'—, par Ch. JACOB, 37.
 Isère. Voir KILIAN, 182; LORY, 86; PUSSENOT, 143.

J

- JACOB (Charles). Sur les travaux du Serv. géol. de l'Indochine ces dernières années, 37. — Rapp. sur l'attribution du Prix Fontannes à M. Paul FAULT, 100. — Sur le rattachement des recouvrements tertiaires de la région d'Alais au système pyrénéo-provençal, R. Ex., 161, 503. — Obs. sur une communication de M. W. KILIAN, R. Ex., 169. — A propos des brèches d'Aramon et de Barbentane, R. Ex., 513. — Toast porté au déjeuner de Propiac avant la séance de clôture [de la R. Ex.] le 18 sept. 1923, 534. — Sur la position tectonique et

- sur l'origine des lambeaux visités de la formation de Suzette, R. Ex., 537.
 JONOT (Paul). Faune bajocienne du dj. Mahsseur près d'Oudjda (Maroc or.), 61, 132.
 JOLEAUD (Léonce). Les phosphates du Maroc. I. Stratigraphie et pétrographie de la région des Ouled Abdoun (Maroc Central) [obs. de MM. Léon BERTRAND et L. CAYEUX], 59, 172 (4 fig., pl. VIII). — L'origine des continents actuels d'après Alfred WEGENER et l'évolution des milieux physiques et biologiques, 78. — (Id.) Essai sur l'évolution des milieux géophysiques et biogéographiques (A propos de la théorie de Wegener sur l'origine des continents) [Obs. de MM. Louis GERMAIN, Louis FAGE, G.-F. DOLLFUS, C^l PERRIER, Ch. MAURAIN], 205 (8 cartes et fig.). — Obs. sur une note de M. J. SAVORNIN, sur le problème tectonique pré-rifain, 91. — Obs. sur la communication de M. A.-P. DUTERTRE [contact entre Carbonifère et Dévonien dans le Bas-Boulonnais], 111. — Prés. d'ouvr., 46, 113. — Obs. sur la note de M. J. SAVORNIN [la question des nappes de charriage dans l'Afrique du Nord], 202.
 Jurassique. Voir BLANCHET, 39, 70; CAILLET, 35; JONOT, 61, 132; VAN STRAELEN, 203, 431.

K

- KERFORNE (F.). Sur l'existence d'une série compréhensive dans le Massif armoricaire [obs. de MM. E. HAUG et Y. MILON], 86.
 KILIAN (Conrad). Sur la structure du Sahara sud-constantinois, 71.
 KILIAN (W.) [Obs. sur l'existence de *Zonitella Urganiana*], R. Ex., 160. — [Obs. sur la limite du Berrias], R. Ex., 160. — Obs. sur une comm. de M. Ch. JACOB, R. Ex., 162. — Obs. sur une comm. de M. P. THIÉRY, R. Ex., 163. — [Sur les brèches observées au cours de la R. Ex.], 164. — [Sur la tectonique de la région de Suzette], R. Ex., 168. Sur les dépôts glaciaires des env. de Genève, 179. — Réponse à une obs. de M. PUSSENOT, 182.
 KILIAN (W.) et O. NICAUD. Prés. d'ouvr., 197.
 Koursk. Voir LAZAREFF, 200.
 KOZLOWSKI (Roman). Prés. d'ouvr., 77.

— A propos de l'âge du soulèvement de la Cordillère de Bolivie, 28, 57 (2 fig., pl. v).

KTÉNAS (Const. A.). Sur la découverte d'un horizon à *Productus Cora* à l'île de Chio, 206.

L

LACROIX (A.). Allocutions, 4. — Allocution présid. à la séance générale, 97. Prés. d'ouvr., 197.

Lacs. Voir RUSSO, 109.

LACVIVIER (M. DE). Nécrologie, 3.

LAMARE (P.). Réponse à des observations de M. STUART-MENTEATH au sujet de la mine de San Narciso, 48. — Réponse à une note de M. FOURNIER, relativement à la structure des Massifs du Moïné-Mendia et de San-Narciso, 49. — Note préliminaire sur la structure de la région de l'Yemen (Arabie), 61. — Obs. sur une note de MM. E. FOURNIER et P. W. STUART-MENTEATH, 75. — Prés. d'ouvr., 80. — Sur qqs particularités de la structure du Pays Basque espagnol et sur le caractère tectonique de cette région, 129, 185 (1 carte). — Sur l'existence de granites alcalins dans le Schammar (Arabie), et sur la constitution géologique de cette région [obs. de MM. J. BARTHOUX et L. GENTIL], 188.

LAMBERT (J.). Prés. d'ouvr., 198.

LAMOTHE (G^{al} DE). Obs. sur la distribution dans les mers actuelles des Molusques de l'argile à *Yoldia* des env. de Christiania, 107, 158.

Languedoc. Voir BERTRAND, 209 ; ROMAN, 50, 113.

LANQUINE (A.) (LÉON BERTRAND et —). Prés. d'ouvr. (tectonique des Alpes-Marit.), 126.

LAPPARENT (Jacques DE). Obs. à une note de M. VIENNOT [brèches sédimentaires de Boû] [rép. de M. P. VIENNOT], 47. — Les brèches sédimentaires et les brèches de friction dans les terrains à l'embouchure de la Bidassoa, 55, 81. — Prés. d'ouvr. (Leçons de Pétrographie), 198.

LASKARÉV (V.). Prés. d'ouvr., 176.

LATINIS (Léon). Nécrologie, 37.

LAZAREFF (P.). Sur les anomalies magnétiques et gravimétriques dans le gouvernement de Koursk (Russie centrale), 200.

LECOINTRE (G.). Prés. d'ouvr., 78, 205 (mission au Maroc).

LE COUPPEY DE LA FORÊT [Lettres sur les enquêtes géologiques sur les emplacements de cimetières], 183.

LEMOINE (Paul). Allocution, 4. — Obs. sur la comm. de M. LÉPAPE [gaz rares dans gaz naturels], 104. — Obs. R. Ex., 158. — Obs. sur la comm. de M. Ch. JACOB, R. Ex., 162, 163. — Allocution, 173. — Obs. sur une note de M^{lle} A. HURE [Sparnacien dans l'Yonne], 214.

LEMOINE (M^{me} Paul). Contribution à l'étude des Corallinacées fossiles : VI. Les Mélobésiées du Calcaire pisolithique du Bassin de Paris, 39, 62 (9 fig., pl. vi). — VII. Mélobésiées miocènes recueillies en Albanie par M. BOURCART, 143, 275 (9 fig.).

LÉPAPE (A.). Sur la présence des gaz rares dans les gaz naturels et ses conséquences au point de vue de la Physique du globe [obs. de MM. P. LEMOINE et MOUREU], 103.

LERICHE (Maurice). Prés. d'ouvr., 12. — Obs. sur la constitution géol. des collines de la Flandre française, 14.

Lias. Voir ABRARD, 31 ; MENGAUD et HOLLANDE, 133.

Lithologie. Voir CORNAND, 183, 306.

Loetschberg (tunnel du). L'accident du 24 juillet 1908 du tunnel du —, par Ph. ZURCHER, 114.

LOEWINSON-LESSING (P.). Prés. d'ouvr., 37. — Note sur les provinces pétrographiques de la Russie, 39, 142.

LORY (P.). Obs. sur une comm. de M. W. KILIAN, sur l'origine briançonnaise des nappes observées au cours de la R. Ex., 170.

LORY (P.) et X. REY-JOUVIN. Sur l'Urgonien de la Grande Moucherotte, 86.

LUGEON (M.). Obs. à la R. Ex., 157.

Lusitanoceras. Sur un nouveau genre de Goniatite : —, par F. L. PEREIRA DE SOUSA, 86, 304.

Lutétien. Voir LERICHE, 14.

M

Madagascar. Sur les hydrocarbures naturels de —, par Jean CHAUTARD, 120.

Maëstrichtien. Voir MENGAUD, 133, 356 ; ASTRE, 131, 360.

Magnésie. Voir BERTRAND, 13.

Magnétiques (Anomalies). Sur les — et gravimétriques dans le gouvernement de Koursk, par P. LAZAREFF, 200.

MALICHEF (M^{le} V.) (G. WEBER et —). — Sur la stratigraphie du Mésocrétacé et

- du Néocrétacé en Crimée, 107, **193** (tableau).
- Mammifères*. Sur les — fossiles des brèches osseuses du Château de Nice, par Ch. DEPÉRET, 18.
- Manche*. Notes de géologie sous-marine. Découverte de Nummulites en — orientale, par Louis DANGEARD, 191.
- MARGERIE (Emm. de). Prés. d'ouvr., 25.
- Marines*. Notes préliminaires sur le Bartonien de la région de —, par L. et J. MORELLET, 116.
- Marmara (Mer de)*. Sur la présence du Nummulitique supérieur aux env. de la —, par N. ARABU, 123.
- Maroc*. Voir ABRARD, 31; DAGUIN, 131; JODOT, 61, **132**; JOLEAUD, 59, **172**; LECOINTRE, 205; RUSSO, 53, 39, **123**, 108, 180; SAVORNIN, 88, 91, 200.
- MARTONNE (Em. de). Obs. sur le glacier quaternaire de la Vésubie [obs. de M. LÉON BERTRAND], 28. — Rép. à M. MAURY sur le Pliocène et le Quaternaire des Alpes-Maritimes [obs. de M. LÉON BERTRAND], 64. — Prés. d'ouvr., 26.
- MARTY (Pierre). Sur un procédé de dessin des feuilles fossiles, 203, **381** (1 fig.).
- MARTY (Pierre) (Edmond BOCQUIER et —). Les dépôts récents de la vallée de la Cère et de la plaine d'Arpajon (Cantal), 83.
- MATUŠEK (Otakar). Sur la géol. des env. du Bosphore, 203.
- MAURAIN (Ch.). [Obs. à l'occasion de la conférence de M. L. JOLEAUD, sur la théorie de Wegener], **269**.
- MAURY (E.). Sur le glacier quaternaire de la Vésubie, 138. — Sur le Pliocène et le Quaternaire des Alpes-Maritimes, 54.
- Mayenne*. Voir MILON, 51.
- MENGAUD (Louis) et Paul HOLLANDE. Lias supérieur fossilifère dans l'écaille des Bains de Capvern (Hautes-Pyr.), 133.
- MENGAUD (Louis). Découverte d'une Nummulite nouvelle dans le Maëstrichtien à *Biradiolites* du dôme de Cézan-Lavardens (Gers). Étude stratigraphique du gisement, 133, **356**.
- MILON (Y.). Prés. d'ouvr., 26. — Niveau marin dans le Culm au S de Laval (Mayenne), 51. — Obs. sur le Calcaire carbonifère de Quénou (I.-et-V.). 62. — Sur la microfaune du calc. briovérien de St-Thurial (I.-et-V.) [obs. de LÉON BERTRAND], 74. — Sur la présence de Calcisphères WILLIAMSON dans le calc. frasien de la Villedé d'Ardin (Deux-Sèvres), 178.
- Minorque*. Le problème de l'île de —, par Paul FALLOT, 3.
- Mollusques*. Voir GILLET, 183, 212, **450**; LAMOTHE (DE), 107, **458**; ROMAN, 50, **413**.
- Montabuzard*. Sur le calcaire de —, par A. DE GROSSOURE, 193, **440**.
- MONTESUS DE BALLORE (F.-A. DE.). Nécrologie, 69.
- Montien*. Voir LEMOINE (M^{me}), 39, **62**.
- MORELLET (L. et J.). Notes préliminaires sur le Bartonien de la région de *Marines* (suite), 116.
- MORET (Léon). Contribution à l'étude des Spongiaires siliceux du Miocène de l'Algérie (dépôt de mémoire), 145.
- MORGAN (J. DE). Les temps glaciaires et leur influence sur l'humanité, 50, **84**.
- Mouchoir* (La Grande). Voir KILIAN, 182; LONY, 86; PUSSENOT, 143.
- MOUREU (Ch.). Obs. sur la comm. de M. LÉPEPE, gaz rares dans gaz naturels, 104.
- Mysidacées*. Les Mysidacées du Callovien de La Voulte-sur-Rhône (Ardèche), par VAN STRAELEN, 203, **431**.

N

- Narciso (San)*. Voir FOURNIER, 75, **402**; LAMARE, 48, **185**.
- NÉGRIS (Ph.). Époque des dernières dislocations de l'Égée, 31.
- Néocomien*. Voir GILLET, 183.
- NICAUD (O.) (W. KILIAN et —). Prés. d'ouvr., 197.
- Nice*. Voir DEPÉRET, 18.
- NICOLESKO (C.). Étude morphologique du genre *Bigotites* (dépôt de mémoire), 55.
- Nummulites*. Voir MENGAUD, 133, **356**; ASTRE (N. Mengaudi n. sp.), 134, **360**; DANGEARD, 191.
- Nummulitique*. Voir ARABU, 123; O'GORMAN, 187.

O

- O'GORMAN (G.) et M. COSSMANN. Prés. d'ouvr. (Cuisien de Gan), 187.
- Oligocène*. Voir DEPÉRET, 170; DOLLFUS, 69.
- Oolithique*. Voir DUTERTRE, 32.
- OOSTINGH (H.). Prés. d'ouvr., 175.

Orbitoïdes. Les — en Amérique, par A. DOUVILLÉ, 106, 369.
Orléanais. Voir GROSSOUVRE (DE), 193, 440.
Oudjda (Maroc). Voir JODOT, 61, 132.

P

Paléogéographie. Voir BOURCART, 191, 271 ; JOLEAUD, 78, 205.
Paléontologie animale. Voir ASTRE, 134, 360 ; CAILLET, 35 ; COLLIGNON, 203 ; DEPÉRET, 18 ; DOUVILLÉ, 106, 369 ; DUBOIS, 122 ; DUTERTRE, 212 ; GILLET, 183, 212, 450 ; NICOLESCO, 55 ; PEREIRA DE SOUSA, 86, 304 ; ROMAN, 50, 113 ; THIÉRY, 163 ; VAN STRAELEN, 203, 431.
Paléontologie végétale. Voir LEMOINE (M^{me}), 39, 62, 143, 275 ; MARTY, 203, 381 ; REID, 136, 308.
Paris (Bassin de). Voir LEMOINE (M^{me}), 39, 62 ; MORELLET, 116 ; PINARD, 211.
PEREIRA DE SOUSA (F. L.). Sur un nouveau genre de Goniatite : *Lusitanoceras*, 86, 304 (pl. ix).
Permien. Voir BONNET, 40.
PERRET (Robert). Prés. d'ouv., 57.
PERRIER (C^e G.). L'hypothèse de Wegener trouve-t-elle sa justification dans les théories ou les observations de la Géodésie, 264.
PETERHANS (E.). Sur la tectonique des Préalpes entre Meillerie et Saint-Gingolph (Hte-Savoie), 13, 51 (2 fig.).
Pétrographie. Voir BARTHOUX, 190 ; BERTRAND, 13 ; DENAEYER, 143, 295 ; JOLEAUD, 59, 172 ; LAMARE, 61, 129 ; LAPPARENT, 47, 198, 55, 81 ; LÖEWINSON-LESSING, 39, 142 ; PFENDER, 130 ; TERMIER, 13, 45.
Pétrole. Voir CHAUTARD, 120 ; GLANGEAUD, 177 ; VOITESTI, 137.
PFENDER (J.). Sur l'existence de phanites à Radiolaires dans les phyllades de la région toulonnaise [obs. de MM. CATEUX et ÉM. HAUG], 130.
Phosphates. Les — du Maroc (I), par L. JOLEAUD, 59, 172.
Phanites. Sur l'existence de — à Radiolaires dans les phyllades de la région toulonnaise, par J. PFENDER, 130.
PINARD (A.). L'Yprésien à Verneuil-sur-Seine, 211.
Pisolithique (Calcaire). Voir LEMOINE (M^{me} P.), 39, 62.
Pliocène. Voir BOURCART, 191, 271 ; MARTONNE (DE), 64 ; MAURY, 54 ; REID, 136, 308.

Pont-de-Gail. Nouvelles recherches sur les graines du Pliocène inférieur du —, par ELEANOR M. REID, 136, 308.

Préalpes. Sur la tectonique des — entre Meillerie et Saint-Gingolph, par E. PETERHANS, 13, 51.

Précambrien. Voir PFENDER, 130.

Préhistoire. Voir BOCQUIER, 83 ; DOLLFUS [200], 209 ; MORGAN (DE), 50, 84.

Prérifain. Le problème tectonique —, 88. — Le Trias et son rôle tectonique dans la région —e, 91. — Sur la nappe nummulitique —e, par J. SAVORNIN, 200.

Prêts. Règlement sur le service des —, 205.

Primaire. Voir BIGOT, 117 ; BONNET, 26, DUTERTRE, 109 ; EHLMANN, 140 ; KERFORNE, 86 ; MATUŠEK, 203 ; MILON, 51, 62, 74, 178 ; PFENDER, 130 ; TERMIER, 13, 45.

Productus. Sur la découverte d'un horizon à — Cora à l'île de Chio, par C. A. KTÉNAS, 206.

Provence. Voir BRUN (DE), 50, 109 ; PFENDER 130.

PUSSENOT (Ch.). Sur la structure des montagnes entre la Vence et la Mouche-rotte (env. de Grenoble), 143.

Pyénées. Voir DUBAR, 119 ; FOURNIER, 75, 102 ; LAMARE, 48, 49, 129, 185 ; LAPPARENT (DE), 47, 55, 81 ; VIENNOT, 207.

Q

Quaternaire. Voir BOCQUIER, 83 ; BRIQUET, 17 ; DENIZOT, 202, 384 ; DEPÉRET, 18 ; DOLLFUS [200], 209 ; DUBOIS, 122 ; KILIAN, 179 ; LAMOTHE (DE), 107, 158 ; MARTONNE (DE), 28, 64 ; MAURY, 54, 138 ; MORGAN (DE), 50, 84 ; NÉGRIS, 31 ; RUSSO, 108.

R

Radiolaires. Sur l'existence de phanites à — dans les phyllades de la région toulonnaise, par J. PFENDER, 130.

Rarb. Premiers résultats d'une tournée géologique dans le —, par F. DAGUIN, 131.

Rats d'eau. Remarques sur qqs — fossiles du N. de la France, par G. DUBOIS, 122.

REID (Eleanor M.). Nouv. recherches sur les graines du Pliocène inf. du Pont-de-Gail (Cantal) [*traduction* P. MARTY], 136, 308 (12 fig., pl. x et xi).

Réunion Extraordinaire de septembre 1923 : Gard, Vaucluse et Drôme. Compte rendu résumé, 153; détaillé, 457; Bibliographie, 461; Table spéciale, 547; Constitution du Bureau, 154; Allocution de M. P. TERMIER, 154; Saint-Germain, l'Ermitage, Bois-Commun, Plaine d'Alais, 155, CR par G. CORROY, 466; Rochebelle, Fontanes, Nord d'Alais [obs. de M. M. LUGÉON], 156, 157, CR par G. CORROY 470; Molières, Gammal, Saint-Ambroix [obs. de MM. P. LEMOINE e, THIÉRY], 157, CR par G. CORROY, 473; La Grand Combe, disc. de MM. FÈVRE et TERMIER, 158, CR par G. CORROY, 482; Bronzet, La Serre du Bouquet, Seynes, Klippe de la Liquière [obs. de M. W. KILIAN], 160, CR par G. CORROY, 484; Séance du 15 sept., 161; FRIEDEL. Obs. sur la note de M. ARNOLD HEIM, sur la prétendue nappe de recouvrement d'Alais, 488; Le Bassin houiller du Gard; Problèmes résolus; Problèmes à résoudre, par P. TERMIER, 495; Au sujet des conglomérats chattiens de la région d'Alais, par P. TERMIER, 501; Sur le rattachement des recouvrements tertiaires de la région d'Alais au système pyrénéo-provençal, par Ch. JACOB [obs. de MM. KILIAN, Em. HAUG, P. LEMOINE et GIGNOUX], 162, 503; Sur la faune des Échinides du Barrémien du Gard, par P. THIÉRY [obs. de M. W. KILIAN], 163; Remarques de M. HAUG sur une carte du bassin houiller, 163; Vœu présenté par M. P. FALLOT pour la carte de France, 163; Les brèches d'Aramon et de la Montagnette [obs. de MM. KILIAN et HAUG], 164, CR par P. TERMIER, 507; A propos des brèches d'Aramon et de Barbentane, par Ch. JACOB, 513; Les Mylonites de la vallée du Rhône et leur liaison avec les déplacements tangentiels de la région d'Alais, par P. TERMIER, 515; La nappe de Suzette, 165, CR par P. TERMIER, 520; Le Trias de Mérindol et de Propiac, 166, CR par P. TERMIER, 527; Toast de M. Ch. JACOB, 534; Séance de clôture du 18: Remarques sur la tectonique des env. d'Alais, par W. KILIAN [obs. de MM. Ch. JACOB, HAUG, TERMIER, LORY], 168; Sur le gisement oligocène de la route de Suzette à Malaucène, par Ch. DEPÉRET, 170. — Obs. de MM. DEPÉRET, HAUG, BLA-

YAC, THIÉRY, 171; Sur la position tectonique et sur l'origine des lambeaux visités de la formation de Suzette, par Ch. JACOB, 537; Au sujet de la tectonique de la « formation de Suzette », par M. GIGNOUX, 539; Le problème tectonique de Suzette, par P. TERMIER, 541.

REY-JOUVIN (X.) (P. LORY et). Sur l'Urgonien de la Grande Moucherotte, 86. *Rhétien*. Voir THOMASSET, 52.

Rich. Existence du Lias à. — (Maroc), par R. ABRARD, 31.

ROMAN (F.). Prés. d'ouv., 46. — Rev. de qqs espèces de Mollusques continentaux de l'Éocène du Midi de la France, 50, 113 (10 fig., pl. VII).

ROUX (Joseph-Louis). Nécrologie, 25.

Royan. Sur les dépôts éocènes des env. de —, par R. ABRARD, 177, 377.

Russie. Voir LOEWINSON-LESSING, 39, 142; WEBER, 107, 193.

RUSSO (P.). La constitution du massif montagneux du Takroumet et les sources du Figuig (Maroc sud-or.), 39, 123 (2 fig., 1 carte). — Sur l'âge des grès du Tigri, 53. — Sur les lacs du cours ancien de la Zousfana (Maroc or.), 108. — Les cailloux sahariens à vermiculations radiées, 193, 305. — Grès rouges crétacés et « Terrain des Gour » au Tigri (Maroc or.), 180.

S

Sahara. Voir BOURCART, 199; DENAEYER, 143, 295; KILIAN (C.), 71; RUSSO, 180, 193, 305.

Saharienne (mer). Voir KILIAN (C.), 71.

Savoie (Hte-). Voir PETERHANS, 13, 51.

Saône-et-Loire. Voir THOMASSET, 52.

Sarre. Voir TERMIER, 13, 45.

SAVORNIN (J.). Le problème tectonique préifain (Maroc) [obs. de MM. L. JOLEAUD, R. ABRARD], 88. — Le Trias et son rôle tectonique dans la région préifaine, 91. — Sur la nappe nummulitique préifaine [obs. de MM. L. GENTIL, L. JOLEAUD], 200.

Schammar. Sur l'existence de granites alcalins dans le — (Arabie) et sur la constitution géologique de cette région, par P. LAMARE, 188.

Scutari d'Albanie. Voir BOURCART, 191, 271.

Secondaire. Voir BONNET, 81; BLANCHET, 39, 70; DUBAR, 119; DUTERTRE, 15, 78, 212, 32; GILLET, 183, 212, 450;

JODOT, 61, 132; JOLEAUD, 59, 172; LAP-
PARENT (DE), 47, 55, 81; P. LORY, 86;
MENGAUD, 133, 356; THOMASSET, 52;
VAN STRAELEN, 203, 431; WEBER et
MALYCHEF, 107, 193.

SERRADELL. Prés. d'ouv., 161.

Silurien. Voir BONNET, 26.

Sölvsbergite. Necks jumelés de — dans
le désert Arabe, par J. BARTHOUX,
190.

Sous-marine (géologie). Voir CORNAND,
183, 306; DANGEARD, 191.

Sparnacien. Voir HURE, 213.

Stampien. Voir HURE, 34.

STRAELEN (VAN). Voir VAN STRAELEN.

STUART-MENTEATH (P. W.) (E. FOURNIER
et —). Sur la géologie du Massif de la
Haya et sur la tectonique des Pyr-
énées basques, 75, 102.

Subalpines (chaines). Voir BLANCHET,
39, 70; KILIAN, 182; PUSSENOT, 143;
LORY et REY-JOUVIN, 86.

Suisse. Voir KILIAN, 179; ZURCHER, 114.

Suzette (formation de). Voir R. Ex.,
153, 457.

T

Tectonique. Voir BERTRAND, 209; BI-
GOT, 117; BRIQUET, 17; DAGUIN, 131;
DENIZOT, 202, 384; DUTERTRE, 109;
GENTIL, 201; JOLEAUD, 78, 205; KER-
FORNE, 86; KILIAN (W.), 182; KILIAN
(C.), 71; KOZLOWSKI, 28, 57; LAMARE,
48, 49, 129, 185; LAMOTHE (DE), 107, 158;
LANQUINE, 126; LAPPARENT (DE), 47, 55,
81; LORY, 86; NÉGRIS, 31; PETERHANS,
13, 51; PUSSENOT, 143; R. Ex., 153 à
172, 457 à 548; SAVORNIN, 88, 91, 200;
VIENNOT, 207.

TERMIER (Pierre). Prés. d'ouv., 12, 25.
Contribution à la connaissance des
Tonsteins du Houiller de la Sarre, 14,
45. — Disc. inaugural à la R. Ex.,
154. — Disc. à la Grand'Combe, 159.
— Obs. sur une communication de
M. W. KILIAN (tectonique de Suzette),
169. — Prés. d'ouv., 176. — Le bas-
sin houiller du Gard. Problèmes ré-
solvés, problèmes à résoudre, 495. —
Au sujet des conglomérats chattiens
de la région d'Alais, 501. — Les mylo-
nites de la vallée du Rhône et leur
liaison avec les déplacements tangen-
tiels de la région d'Alais, 515. — Le
Problème tectonique de Suzette, 541.
— CR. des excursions du 16, 17, 18
sept. R. Ex., 507, 520, 527.

Tertiaire. Voir ABRARD, 177, 377

ARABU, 123; BLAYAC, 171; BOURCART,
191; BRUN (DE), 50, 109; DALLONI, 143,
284; DANGEARD, 191; DOLLFUS, 69;
DOUVILLÉ, 105; GROSSOUVRE (DE), 193,
440; HURE, 34, 213; LEMOINE (M^{me}),
39, 62, 143, 275; LERICHE, 14; MOREL-
LET, 116; O'GORMAN, 187; ROMAN, 50,
113; RUSSO, 53.

Thessalie. Contr. à l'étude des terrains
tertiaires de la — et de l'Épire, par
M. DALLONI, 143, 284.

THIÉRY (P.). Obs. R. Ex., 158. — Sur la
faune des Échinides du Barrémien du
Gard, 163.

THOMASSET (J.-J.). L'étage rhétien dans
la vallée de la Dheune, (S.-et-L.), 52.

Thrace. Voir ARABU, 141.

Tigri. Sur l'âge des grès du —, 53. —
Grès rouges crétacés et terrain des
Gour au —, par P. RUSSO, 180.

Tithonique. Voir BLANCHET, 39, 70.

Tonstein. Contr. à la connaissance des
— du Houiller de la Sarre, par
P. TERMIER, 14, 45.

Transcaucasie. Voir BONNET, 26, 40, 81,
134.

Trias. Voir DEPÉRET, 171; SAVORNIN, 91.

U

Urgonien. Voir LORY, 86.

V

VAN STRAELEN (Victor). Les Mysidacées
du Callovien de La Voulte-sur-Rhône
(Ardèche), 203, 431 (7 fig., pl. xiv).

Vaucluse. Voir R. Ex., 153, 457.

Vercors. Voir LORY, 86

Vésubie. Voir MARTONNE (DE), 28; MAU-
RY, 138.

Vézère. Voir DOLLFUS [200], 209.

VIENNOT (P.). Prés. d'ouv., 13, 114,
199. — Réponse à une observation de
M. J. DE LAPPARENT, 48. — Obs. à une
note de MM. E. FOURNIER et P. W.
STUART-MENTEATH, 75. — Nouv. contr.
à la tectonique de la vallée d'Aspe et
de ses environs (B.-Pyr.), 207.

VOITESTI (J.-P.). Considérations sur le
sondage pétrolière de Crouelle, près
Clermont-Ferrand (P.-de-Dôme), 137.

Volcanisme. Voir BARTHOUX, 190.

Volcans. Voir BARTHOUX, 190; GLAN-
GEAUD, 59.

W

- WEBER (M^{lle} G.) et V. MALICHEF. Sur la stratigraphie du Mésocrétacé et du Néocrétacé en Crimée. 107, **493** (tableau).
 WEGENER (A.). Voir L. JOLEAUD, 78, **205**.
 WELSCH (J.). Prés. d'ouvr., 46.

Y

- Yémen. Note préliminaire sur la structure de la région du — (Arabie), par P. LAMARE, 61.

Yoldia. Obs. sur la distribution dans les mers actuelles des Mollusques de l'Argile à —, des env. de Christiana, par le G^{al} DE LAMOTHE, 107, **158**.

Yonne. Voir HURE, 34, 213.

Ypévrien. Voir LERICHE, 14; PINARD, 211.

Z

Zousfana. Sur les lacs des cours anciens de la — (Maroc or.), par P. RUSSO, 108.

ZURCHER (Ph.). Prés. d'ouvr., 114. —
 L'accident du 24 juillet 1908 du tunnel du Loetschberg, 114.

Liste des Mémoires qui se vendent isolément :

1^o MÉMOIRES DE PALÉONTOLOGIE.

15. S. STEFANESCU. Etudes sur les terrains tertiaires de la Roumanie; Contribution à l'étude des faunes sarmatique, pontique et levantine. 11 pl., 152 p.....	25 fr.
19. M. COSSMANN. Contribution à la Paléontologie française des terrains jurassiques (en cours); Gastropodes: Nérinées, 13 pl., 180 p.....	45 »
20. V. POPOVICI-HATZEG. Contribution à l'étude de la faune du Crétacé supérieur de Roumanie; Environs de Campulung et de Sinaia. 2 pl., 22 p.....	12 »
21. R. ZEILLER. Etude sur la flore fossile du bassin houiller d'Héraclée (Asie-Mineure). 6 pl., 91 p.....	50 »
22. P. PALLARY. Sur les Mollusques fossiles terrestres, fluviaux et saumâtres de l'Algérie. 4 pl., 213 p.....	15 »
23. G. SAYN. Les Ammonites pyriteuses des marnes valanginiennes du Sud-Est de la France (en cours). 6 pl., 69 p.....	25 »
24. J. LAMBERT. Les Echinides fossiles de la province de Barcelone. 9 pl., 128 p.....	25 »
25. H.-E. SAUVAGE. Recherches sur les Vertébrés du Kiméridgien supérieur de Fumel (Lot-et-Garonne). 5 pl., 36 p.....	18 »
26. Ch. DÉPÉRET et F. ROMAN. Monographie des Pectinidés néogènes de l'Europe et des régions voisines (1 ^{re} partie: genre <i>Pecten</i>) (en cours). 23 pl., 169 p.....	130 »
27. G. DOLLFUS et Ph. DAUTZENBERG. Conchyliologie du Miocène moyen du Bassin de la Loire; Description des gisements fossilifères; Pélécypodes. 51 pl., 500 p.....	300 »
28. Marcellin BOULE. Le <i>Pachyæna</i> de Vaugirard. 2 pl., 16 p.....	20 »
29. V. PAQUIER. Les Rudistes urgoniens. 13 pl., 102 p.....	40 »
30. Ar. TOUCAS. Etudes sur la classification et l'évolution des Hippurites. 17 pl., 128 p.....	45 »
31. Albert GAUDRY. Fossiles de Patagonie: Dentition de quelques Mammifères. 28 p., 42 fig. dans le texte.....	15 »
32. Paul LEMOINE et Robert DOUVILLÉ. Sur le genre <i>Lepidocyclina</i> Gûmbel. 3 pl., 42 p.....	15 »
33. Ferdinand CANN. Les Bryozoaires du Patagonien. Echelle des Bryozoaires pour les Terrains tertiaires. 5 pl., 30 p.....	15 »
34. Charles EASTMAN. Les types de Poissons fossiles du Monte Bolca au Muséum d'Histoire naturelle de Paris. 5 pl., 32 p.....	15 »
35. V. POPOVICI-HATZEG. Les Céphalopodes du jurassique moyen du Mont Strunga (massif de Bucegi, Roumanie). 6 pl., 28 p.....	30 »
36. Ar. TOUCAS. Etudes sur la classification et l'évolution des Radiolitidés. 24 pl., 132 p.....	60 »
37. Edm. PELLAT et M. COSSMANN. Barrémien supérieur à faciès urgonien de Brouzet-lez-Alais (Gard). 9 fig. texte, 6 pl., 42 p.....	20 »
38. Charles JACOB. Etude sur quelques Ammonites du Crétacé moyen. 14 fig., 9 pl., 64 p.....	20 »
39. A. PEZANT. Etude iconographique des Pleurotomes fossiles du Bassin de Paris. 5 pl., 30 p.....	15 »
40. P.-H. FRITEL. Etudes sur les végétaux fossiles de l'étage Sparnacien du Bassin de Paris. 3 pl., 37 p.....	10 »
41. Henri DOUVILLÉ. Etudes sur les Rudistes. Rudistes de Sicile, d'Algérie, d'Égypte, du Liban et de la Perse. 7 pl., 84 p.....	20 »
42. LÉON PÉVINQUIÈRE. Sur quelques Ammonites du Crétacé algérien. 7 pl., 86 p.....	20 »
43. Robert DOUVILLÉ. Céphalopodes argentins. 3 pl., 24 p.....	15 »
44. Gustave F. DOLLFUS. Les coquilles du Quaternaire marin du Sénégal. Introduction géologique par A. DEREIMS. 4 fig., 4 pl., 72 p.....	16 »
45. Robert DOUVILLÉ. Etude sur les Cardiocératidés de Dives, Villers-sur-Mer et quelques autres gisements. 84 fig., 5 pl., 77 p.....	25 »
46. Maurice COSSMANN. Contribution à la paléontologie française des terrains jurassiques (voir mém., n ^o 14, 19); <i>Cerithiacea</i> et <i>Lozonematacea</i> , 11 pl., 264 p.....	150 »
47. Lucien MORELLET et Jean MORELLET. Les Dasycladacées du Tertiaire parisien. 24 fig., 3 pl., 43 p.....	10 »
48. Robert DOUVILLÉ. Etudes sur les Oppellidés de Dives et Villers-sur-Mer. 31 fig., 2 pl., 26 p.....	15 »
49-50. F. PRIEM. Sur des Poissons fossiles et en particulier des Siluridés du Tertiaire supérieur et des couches récentes d'Afrique (Égypte et région du Tchad). — Sur des Poissons fossiles des terrains tertiaires d'eau douce et d'eau saumâtre de France et de Suisse. 9 pl., 30 p.....	20 »

51. P. DE BRUN, C. CHATELET et M. COSSMANN. Le Barrémien supérieur à faciès urgonien de Brouzet-lez-Alais (Gard) (v. mém. n° 37). 4 fig., 5 pl., 56 p.....	15	»
52. Henri DOUVILLÉ. Le Barrémien supérieur de Brouzet. 20 p., 4 pl.....	15	»
53. J. REPELIN. Monographie du genre <i>Lychnus</i> . 23 p., 6 pl.....	15	»
54. J. MONESTIER. Ammonites rares ou peu connues et Ammonites nouvelles du Toarcien supérieur du sud-est de l'Aveyron. 44 p., 4 pl.....	15	»
55. Maurice COSSMANN. Synopsis illustré des Mollusques de l'Eocène et de l'Oligocène en Aquitaine. 220 p., 15 pl.....	70	»
56. J. LEWINSKI. Monographie géologique et paléontologique du Bononien de la Pologne. 110 p., 11 pl.....	50	»
57. F. ROMAN. Monographie de la faune des Mammifères de Mormoiron (Vaucluse), Ludien supérieur. 8 pl., 40 p.....	25	»
58. L. et J. MORELLET. Nouvelle contribution à l'étude des Dasycladacées tertiaires. 37 p., 2 pl.....	15	»
59. A. BORISSIAK. Sur un nouveau représentant des Rhinocéros gigantesques de l'Oligocène d'Asie, <i>Indricotherium asiaticum</i> n. g., n. sp., 16 p. 3 pl.....	5	»

2° MÉMOIRES DE GÉOLOGIE.

1877. — H.-E. SAUVAGE. Mémoires sur les <i>Lepidotus maximus</i> et <i>L. palliatus</i> . 30 p., 2 pl.....	5	»
1878. — P. FISCHER. Paléontologie des terrains tertiaires de l'île de Rhodes (avec la collaboration de MM. Cotteau, Manzoni et Tournouër), 78 p., 3 pl.....	10	»
1879. — O. TERQUEM. Les Foraminifères et les Entomostracés Ostracodes du Pliocène supérieur de l'île de Rhodes, 136 p., 14 pl.....	10	»
1880. — H.-E. SAUVAGE et F. LIÉNARD. Mémoire sur le genre <i>Machimosaurus</i> , 32 p., 4 pl.....	5	»
1880. — BERTHELIN. Mémoire sur les Foraminifères de l'étage albien de Montcley (Doubs), 84 p., 2 tabl., 4 pl.....	10	»
1881. — D. OEHLERT. Documents pour servir à l'histoire des faunes dévoniennes dans l'ouest de la France, 38 p., 6 pl.....	15	»
1881. — J. DE MORGAN. Mémoire sur les terrains crétacés de la Scandinavie, 48 p., 2 pl.....	5	»
1882. — TERQUEM. Les Foraminifères de l'Eocène des environs de Paris, 104 p., 20 pl.....	20	»
1882. — H.-E. SAUVAGE. Recherches sur les reptiles trouvés dans le Gault de l'Est du bassin de Paris, 42 p., 4 pl.....	7	»
1883. — COSSMANN et J. LAMBERT, Etude paléontologique et stratigraphique sur le terrain oligocène marin des environs d'Etampes, 188 p., 1 tabl., 6 pl.....	20	»
1884. — Ph. THOMAS. Recherches stratigraphiques et paléontologiques sur quelques formations d'eau douce de l'Algérie, 54 p., 1 tabl., 5 pl.....	5	»
1885. — COSSMANN. Contribution à l'étude de la faune de l'étage bathonien en France (Gastropodes), 374 p., 18 pl.....	30	»
1885. — TERQUEM. Les Entomostracés Ostracodes du système oolitique de la zone à <i>Am. Parkinsoni</i> de Fontoy (Moselle), 46 p., 6 pl.....	8	»
1886. — TERQUEM. Les Entomostracés Ostracodes du Fullers Earth des environs de Varsovie, 112 p., 12 pl.....	12	»
1887. — C. GRAND-ÉURY. Formation des couches de houille et du terrain houiller, 196 p., 10 pl.....	25	»
1888. — H. FILHOL. Etudes sur les Vertébrés fossiles d'Issel (Aude), 186 p., 21 pl.....	20	»
1889. — G. COTTEAU. Echinides éocènes de la province d'Alicante (deux parties), 107 p., 16 pl.....	25	»
1906. — P.-L. PREVER. Aperçu géologique sur la colline de Turin, 48 p., 7 fig., 1 carte.....	12	»
1907. — G. ZEIL. Contribution à l'étude géologique du Haut-Tonkin. — H. LAN- TENOIS. Note sur la géologie de l'Indo-Chine. — René de LAMOTHE. Note sur la géologie du Cambodge et du Bas-Laos, 80 p., 1 pl., 3 cartes en couleurs.....	18	»
1908. — Général de LAMOTHE. Les anciennes lignes de rivage du Sahel d'Alger et d'une partie de la côte algérienne, 288 p., 3 pl., 1 carte en couleurs.....	25	»
1909. — LÉON CAREZ. Résumé de la Géologie des Pyrénées françaises, 132 p., 1 pl., 6 cartes en couleurs.....	25	»
1910. — Maurice LUGEON. Etude Géologique sur le projet de Barrage du Haut- Rhône français à Génissiat (près de Bellegarde), 136 p., 7 pl.....	25	»





SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES



3 9088 01369 2074